

João Furtado e Eduardo Urias

RECURSOS NATURAIS E DESENVOLVIMENTO

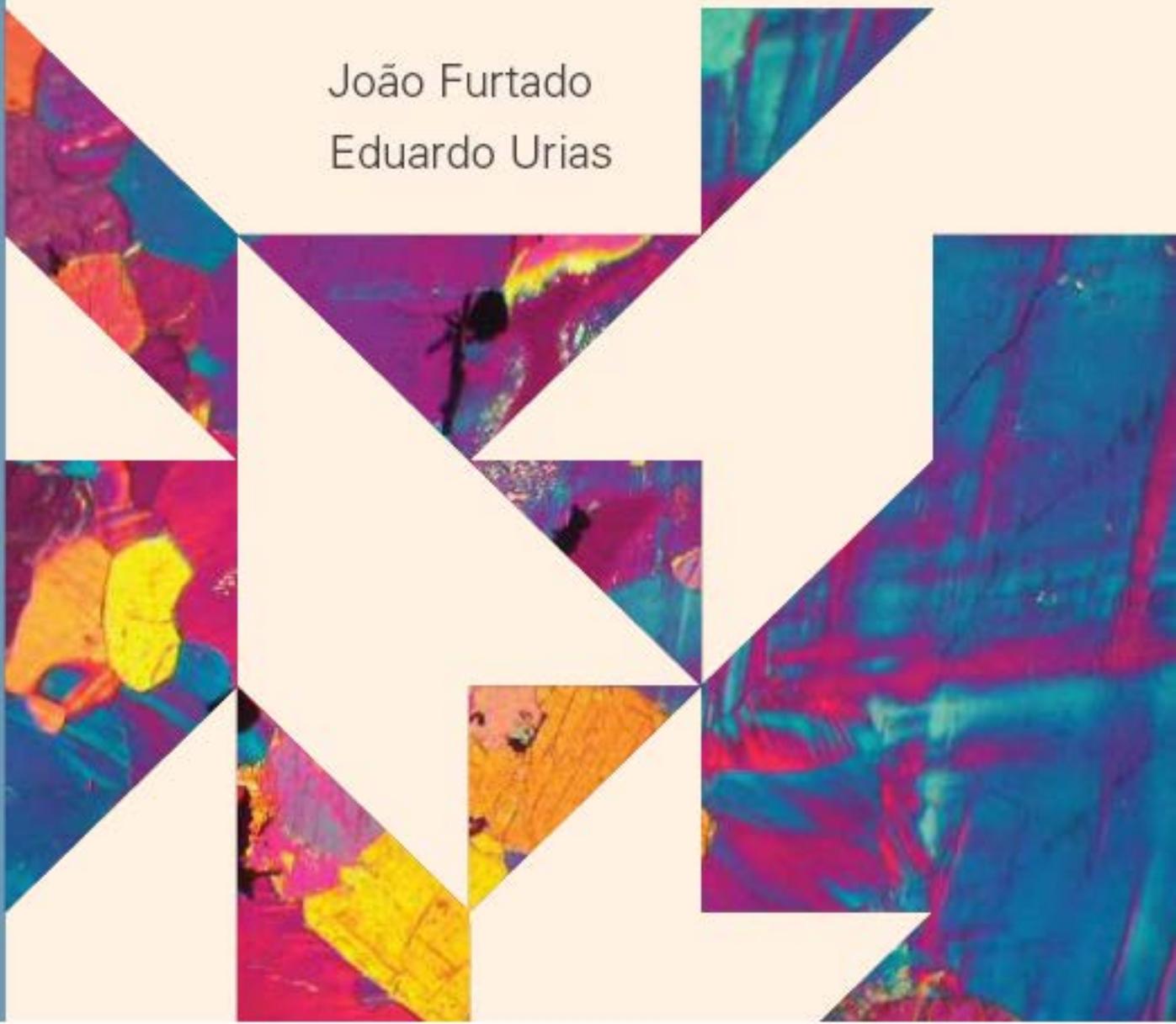
RECURSOS NATURAIS E DESENVOLVIMENTO

Estudos sobre o potencial dinamizador da mineração
na economia brasileira

João Furtado
Eduardo Urias



IBRAM





RECURSOS NATURAIS E DESENVOLVIMENTO



Recursos naturais e desenvolvimento – estudos sobre o potencial dinamizador da mineração na economia brasileira

João Furtado e Eduardo Urias, 2013

Edição	Lavínia Fávero
Pesquisadores colaboradores	Anelise Pianna (capítulos 2 e 3) João Marcos Cotait (capítulo 3) Renato Garcia (capítulo 4) Suelene Mascarini (capítulo 4) Mauro Zackiewicz (capítulo 5) Daniel Lapolla (capítulo 6) Gabriel Cavalcanti (capítulo 6) Tatiana Massaroli (capítulo 7) Juan Sepúlveda (capítulo 7) Gérson Freitas Jr. (capítulos 8 e 9)
Revisão	Gislene Rodrigues
Projeto gráfico e editoração eletrônica	Ludo Design
Gráficos e figuras	Lobão Design
Mapas do capítulo 4	Eder Roberto Silvestre
Foto de capa	Mármore silicoso visto no microscópio, por Mark S. Wagner

DADOS INTERNACIONAIS
DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

Furtado, João

Recursos naturais e desenvolvimento: estudos sobre o potencial dinamizador da mineração na economia brasileira / João Furtado, Eduardo Urias. – 1. ed. – São Paulo : Ed. dos Autores/IBRAM, 2013.

Inclui bibliografia.
ISBN 97885915804-08

1. Recursos naturais – Brasil. 2. Minas e recursos minerais – Brasil – História. 3. Desenvolvimento econômico – Brasil. 4. Indústria mineral. 5. Minas e recursos minerais – Inovações tecnológicas. I. Urias, Eduardo. II. Título.

CDD – 338.20981

ISBN 97885915804-08

1ª edição: 2013

1ª impressão: 2013

Impressão e acabamento: Ipsis Gráfica e Editora



João Furtado e Eduardo Urias

RECURSOS NATURAIS E DESENVOLVIMENTO

Estudos sobre o potencial dinamizador da mineração
na economia brasileira



IBRAM

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO



AGRADECIMENTOS

Devemos a primeira semente da pesquisa empreendida para este livro a Fernando Fajnzylber. Seu pensamento permitiu que nós e outros pesquisadores incorporássemos o tema dos recursos naturais, tão desprezado na tradição da América Latina, ao leque de assuntos relevantes para a reflexão econômica. O desdobramento dessa reflexão pioneira se deu no âmbito do Grupo de Estudos em Economia Industrial, da Unesp-Araraquara, cujos seminários sempre foram um espaço de debates. Contamos com a crítica firme e generosa de Rogério Gomes e Marcelo Pinho, que deram espaço para que ideias ainda frágeis pudessem florescer.

Durante a execução do trabalho, os estudantes e os pesquisadores do Grupo de Estudos em Inovação e Desenvolvimento, da Poli-USP, contribuíram com questionamentos que nos ajudaram a dar consistência a diversos argumentos. Nosso reconhecimento a Diego Muñoz, Giovana Nahas e Rosalina Mesquita por sua assídua contribuição.

Agradecemos também a colaboração dos pesquisadores Anelise Pianna, Daniel Lapolla, Gabriel Cavalcanti, Gérson Freitas Jr., João Marcos Cotait, Juan Sepúlveda, Renato Garcia, Suelene Mascarini e Tatiana Massaroli na elaboração dos estudos aqui reunidos. Mauro Zackiewicz, além disso, participou ativamente da gestação e de parte importante da execução desses estudos, compartilhando esforços e projetos.

Um agradecimento especial à equipe do Instituto Tecnológico Vale, na pessoa do professor Luiz Mello. Sua confiança e sua visão ajudaram a dar amplitude à nossa abordagem.

A todos os que contribuíram para os argumentos que se materializaram neste livro, o nosso muito obrigado.

J.F. e E.U.

SUMÁRIO

1 Recursos naturais: uma criação humana 10

As técnicas de produção usam recursos.
O dinamismo tecnológico cria recursos 17

Os recursos naturais têm tanto ou mais potencial para gerar
agregação de valor do que a indústria de manufatura 23

Possíveis impactos adversos de uma política tributária imediatista 25

2 Padrões de produção mineral e desenvolvimento econômico: efeitos da mineração sobre a indústria de equipamentos e serviços especializados 32

Desenvolvimento tecnológico: quatro elementos
centrais para a sua compreensão 35

Elemento 1: convergência tecnológica 37

Elemento 2: complementaridades 39

Elemento 3: impacto cumulativo de melhorias incrementais 39

Elemento 4: relações intersetoriais 40

Da tipologia dos padrões setoriais aos sistemas
nacional e setorial de inovação 41

Experiências históricas das relações entre
mineração e fornecedores de soluções 42

Países nórdicos 42

Estados Unidos 49

Alemanha 55

Canadá 57

Austrália 61

África do Sul 64

Comércio internacional de máquinas e equipamentos para mineração: uma discussão sobre barreiras à entrada 68

3 Padrões de produção mineral e efeitos sobre a infraestrutura: a experiência internacional 76

Infraestrutura e desenvolvimento econômico 78

Infraestrutura na mineração 82

Experiências históricas das relações entre mineração e infraestrutura 85

Canadá 85

Austrália 90

Bolívia 95

Chile 98

Papua Nova Guiné 99

4 Efeitos regionais da demanda do setor mineral 102

As visões pessimistas 104

As visões otimistas e conciliadoras 107

Experiências internacionais 108

Sudbury, Canadá 108

Antofagasta, Chile 110

Suécia, Finlândia e Noruega 113

Mapeamento das regiões brasileiras com atividades mineradoras relevantes 116

Distribuição regional do emprego nas atividades mineradoras por estado 118

Distribuição regional do emprego nas atividades mineradoras por microrregião geográfica 121

Tipologia das microrregiões mineradoras no Brasil 127

Indicadores regionalizados 133

Indicadores socioeconômicos 133

Indicadores de ciência, tecnologia e inovação 139

5 O papel da ciência e da tecnologia no setor mineral 146

Trajatória da C&T brasileira na mineração 152

O potencial da C&T mineral no Brasil 160

Grupos de pesquisa 167

Investimentos públicos 169

Investimentos privados 169

6 Estudo de patentes de setores avançados para o setor mineral 176

Mining Technologies 179

Tecnologias aplicadas à mineração 184

Nanotecnologia 186

Fornecedores da Mineração 187

Indústria química 189

Fornecedores de máquinas, equipamentos e serviços de engenharia 190

Empresas Mineradoras 193

7 Impactos setoriais nas exportações e nos investimentos: aplicação da matriz insumo-produto e análise de impacto das atividades econômicas vinculadas à mineração 198

Características produtivas da mineração de ferro 200

Metodologia para o cálculo da matriz de impactos intersetoriais 203

Análise dos resultados: exportações 212

Análise dos resultados: investimentos 223

8 Ciclos de preços e mudanças institucionais 230

Os superciclos de preços 232

O superciclo chinês 236

Entre a estatização e a privatização 239

Anos 2000: uma guinada nacionalizante 252

9 Atividades primárias e minerais em perspectiva histórica: a força e a permanência das ideias 258

Revisão dos argumentos da tese da deterioração dos termos de troca 264

Pilares da tese Prebisch-Singer 267

O progresso técnico na indústria é mais acelerado do que no setor primário-exportador 267

Disparidade de elasticidades 270

Os mercados de empresas e de trabalho são oligopolizados na produção industrial em maior grau do que na produção primária 273

Implicações da tese Prebisch-Singer para as políticas públicas 275

Principais críticas à tese Prebisch-Singer 279

Inversão da tendência de deterioração dos termos de troca 281

Uma abordagem alternativa: desenvolvimento apoiado em indústrias intensivas em recursos naturais 286

Referências bibliográficas 290



1 RECURSOS NATURAIS: UMA CRIAÇÃO HUMANA





A contribuição mais relevante da teoria econômica à compreensão das atividades primárias e do papel dos recursos naturais pode ser sintetizada na proposição *recursos naturais não existem, eles precisam ser criados*. O significado dessa afirmação não é autoevidente e pode causar, à primeira vista, alguma estranheza. Poucos elementos são suficientes para torná-la clara. E, uma vez compreendido o seu alcance, a visão que a sociedade tem sobre o papel dos recursos naturais na riqueza dos países e no desenvolvimento econômico ganha uma nova perspectiva.

Tome-se como exemplo a relação entre a agricultura e a terra. É a terra que possibilita a agricultura ou é a agricultura que torna a terra agriculturável? Embora a primeira relação pareça natural, foi a segunda que prevaleceu ao longo da história, desde a antiguidade, mundo afora, até no Brasil, em períodos recentes. Para implantar a agricultura, os homens tiveram que desenvolver técnicas – de domínio dos ciclos das águas, de proteção do solo e das culturas, de limpeza e fertilização do solo, de adequação das sementes e das variedades de plantas a cada condição de solo e de clima... A terra era apenas um recurso em potencial, nunca se tornaria um recurso de fato sem a ação deliberada do homem.

Os recursos utilizados pelo ser humano, em sua ampla maioria, não são naturais. É verdade que a natureza dá ao homem a oportunidade de mostrar suas habilidades e de aplicar seus conhecimentos, que se reforçam mutuamente e são elementos em contínua expansão. A visão segundo a qual as reservas de recursos naturais são apenas um dado de uma determinada área geográfica é errônea. Por essa ótica, um país, em determinado momento, possui uma reserva fixa que terá uma vida útil dependente da intensidade de uso e da eficiência do método de extração.



Há uma tendência de compreender os recursos naturais como um ativo único (o cobre, por exemplo), em vez de relacioná-lo a todo o complexo de substâncias, forças, condições, relações, instituições e políticas que ajudam a entender o funcionamento do cobre como recurso em dado momento. Essa preocupação com um simples fenômeno tangível na natureza cria a falsa impressão de que os recursos são algo estático. Na verdade, eles são tão dinâmicos quanto a sociedade em si.

Na história brasileira recente, essa afirmação se aplica com facilidade à grande fronteira agrícola de hoje: o cerrado. Foi a ação humana deliberada, o uso efetivo do conhecimento científico, da pesquisa e da tecnologia, que criou o recurso natural chamado *cerrado* e o tornou disponível para o desenvolvimento agrícola. Muito antes, no século XIX, foram as ferrovias que tornaram as terras de São Paulo disponíveis como recurso para a cultura cafeeira. Até hoje, denominações de ferrovias inspiradas na geografia do estado (*Araraquarense, Mogiana, Paulista, Sorocabana*) são fortes no imaginário paulista.

A mineração suscita uma reflexão análoga: os recursos minerais não são propriamente naturais. Embora se possa argumentar que o volume de minérios seja fixo, o mesmo não pode ser dito sobre as reservas conhecidas e provadas. *Descobrir e provar* a existência de uma reserva mineral demanda a mobilização de outros recursos, bem como avanços em diferentes campos da ciência e da tecnologia. Por outro lado, tampouco a intensidade de uso e a eficiência nos métodos de extração podem ser assumidas como fixas. Para que se tornem recursos produtivos, tenham valor econômico e social, os recursos minerais precisam ser criados. Em primeiro lugar, é necessário identificá-los.

Essa identificação nunca ocorre sem um trabalho de prospecção, que está longe de ser trivial. Esse trabalho pode ser resultado do esforço de homens práticos, como foi durante muito tempo, ou de pessoas preparadas científica e tecnicamente para a tarefa, como ocorreu a partir de meados do século XIX, quando os Estados Unidos criaram diversas escolas superiores e profissionais voltadas para a geologia e para a mineração em novas bases.

Identificada uma possível ocorrência, esse recurso que o conhecimento humano localizou na natureza precisa ser dimensionado, e sua exploração, planejada e executada. Entre o minério, que nunca ocorre isolado, e seu uso pelas atividades humanas de produção industrial e

de consumo, existe um longo percurso, que cria o recurso natural por intervenção humana.

Ao longo do século XIX, por exemplo, os EUA exploraram intensamente os seus recursos minerais. Essa exploração aumentou as reservas – um paradoxo aparente que ajuda a compreender o conceito de recursos naturais. A exploração mineral, numa perspectiva dinâmica, não resultou no seu esgotamento, mas ampliou a disponibilidade desses recursos e a riqueza associada a eles.

Primeiro, porque cada ciclo de descoberta e de valorização ensejou mais esforços, novas descobertas e uma ampliação das reservas. Segundo, porque o desenvolvimento de soluções em uma exploração permitiu o gradual aperfeiçoamento em outras oportunidades, alimentando soluções híbridas para problemas diferenciados e complexos. Terceiro, porque a exploração de uma mina com um determinado teor permitiu o desenvolvimento de outras com teores inferiores. O avanço das tecnologias vai permitindo tornar econômicos os recursos que se afiguravam não econômicos, portanto, não recursos. É o trabalho humano, assente em conhecimentos acumulados, o criador efetivo de todos os recursos.

Como dito, os recursos naturais não *são* recursos, eles *se tornam* recursos. Esse processo é resultado de esforços em geração de conhecimento e de progresso técnico pela humanidade. O carvão não era um recurso até seu uso como combustível ser inventado e posto em prática. Mais do que isso, sua viabilização como recurso dependeu de inúmeros avanços – inicialmente de grande magnitude, mas também por sucessivos desenvolvimentos incrementais de igual importância – tanto no seu uso quanto nos métodos para sua extração.

Embora o carvão possa ser encontrado na natureza, carvão prontamente acessível e disponível para o uso é artigo raro. Sem o auxílio de máquinas, ferramentas e outras invenções, a humanidade não teria sido capaz de fazer proveito dele. Por outro lado, se o carvão ocorre na natureza, o mesmo não pode ser dito do coque, do sulfato de amônia, do alcatrão, dos corantes, da aspirina, do *nylon* e de muitos outros produtos criados pela indústria química derivada do carvão.

Todos os elementos são encontrados na natureza, mas isso, por si só, não possui valor para o homem, que nem sequer pode ter consciência da existência deles ou ser capaz de isolá-los e utilizá-los. Para explorar um recurso, é necessário mobilizar *antes* outros recursos. A inteligência e o

conhecimento dos geólogos, a informação computacional e os modelos complexos que auxiliam na interpretação dos dados (que também não são *dados* nem *achados*, são *coletados*, *processados*, *interpretados*...), os equipamentos e os indivíduos que se deslocam para o campo, as amostras, que são coletadas, processadas, interpretadas, os projetos que são elaborados para viabilizar o empreendimento, os recursos financeiros que precisam ser mobilizados para permitir os investimentos...

Existe uma miríade de atos econômicos criadores de riqueza antes que a mina possa produzir o primeiro resultado material. A diferença é que os atos criadores de riqueza são apostas privadas com resultados sociais e precedem qualquer resultado que possa ser apropriado pelo empreendedor, pela empresa, pelos investidores.

Dá a afirmação de que o maior de todos os recursos humanos é o conhecimento, a mãe de todos os outros recursos. Grande parte dos recursos é resultado da engenhosidade humana auxiliada por um processo lento, paciente, gradual e, por vezes, árduo, de aquisição de conhecimento e de experiência. Tudo isso mostra que os recursos naturais não *existem*, eles precisam ser *criados*. Eles não são estáticos, mas se expandem e se contraem em resposta às necessidades e às ações humanas.

As interpretações dos recursos naturais como um ativo tangível isolado e como um ativo de complexas relações tangíveis e intangíveis dão origem a dois modelos antagônicos de como as atividades econômicas primárias podem ser realizadas. Segundo a perspectiva do *fluxo linear*, o sistema de produção é estático, e a atividade econômica é fruto da aplicação do estado da arte existente. A indústria se torna meramente extrativa, focada em retirar da natureza os elementos necessários para alguma atividade econômica situada em uma etapa posterior da cadeia de valor. Não há geração de conhecimento, mas apenas o uso do conhecimento e das técnicas existentes para realizar a atividade. A atividade primária nada mais é do que um enclave no sistema econômico: possui uma lógica de funcionamento que não cria conexões com outras atividades produtivas além do fluxo do bem material em si.

Na perspectiva do *fluxo iterativo*, o sistema de produção é dinâmico, e a atividade econômica é fruto de avanços em diferentes campos do conhecimento técnico e científico voltados à solução de problemas colocados pela indústria primária. Essa indústria se torna uma articuladora do fluxo de conhecimento de diferentes campos científicos e de soluções técnicas

advindas de diversas indústrias. Isso permite a criação de elos que facilitam a geração e o fluxo de conhecimento não apenas entre diferentes atividades econômicas, mas também entre essas atividades e diferentes organizações de ensino e pesquisa.

Em outras palavras, as atividades primárias criam e fornecem, além de insumos materiais, conhecimento e novos recursos para outras atividades industriais. Mas também são receptoras ativas de bens e de conhecimentos advindos de outros setores da economia e do sistema de ciência, tecnologia e inovação, que, por sua vez, são insumo para sua própria atividade criativa, que realimenta o processo.

Sendo assim, do ponto de vista da atividade econômica, não importa a atividade em si, mas a maneira como essa atividade é executada. Embora não seja o único fator, a tecnologia é um elemento-chave no processo de *criação* de recursos. O potencial de crescimento e desenvolvimento econômico baseado em recursos ditos naturais está relacionado à capacidade de gerar conhecimentos científicos e tecnológicos que, ao mesmo tempo, facilitem a exploração desses recursos e permeiem outras atividades do sistema econômico.

A riqueza do recurso natural está muito menos nele próprio do que nos recursos produtivos que precisam ser mobilizados para a sua exploração. É a exploração que incita a criação de conhecimentos, competências, equipamentos, instalações, insumos, energia, combinações de todos esses elementos e capacidades de coordenação para explorar o recurso mineral. Mesmo que a exploração não resultasse nas quantidades projetadas de minério, a atividade primária (a mineração) teria, no processo, criado as riquezas correspondentes aos investimentos realizados. Para o empreendedor, o recurso só se torna rentável quando a venda do resultado da exploração supera os investimentos realizados. Mas, para a sociedade, a riqueza foi criada já no primeiro investimento, desde a prospecção até o momento no qual os equipamentos são colocados em funcionamento.

O desenvolvimento de uma atividade primária, nessa acepção, envolve uma alimentação circular entre cada investimento e seus resultados. Essa alimentação se dá por meio de vários elos e circuitos. O conhecimento geológico acumulado numa exploração deve alimentar o estoque de conhecimento existente e suas possibilidades de aproveitamento em outras explorações. As soluções de engenharia construídas para uma determinada mina podem ser reaproveitadas e desenvolvidas em futuras explorações.

As técnicas de exploração dos minérios e a disposição e o reaproveitamento dos resíduos vão sendo aperfeiçoadas e permitem aumentar as possibilidades de desenvolvimento de novos investimentos, num fluxo que se realimenta. Um investimento pode se beneficiar dos investimentos anteriores, de modo que, ao final de cada ciclo, cria riquezas privadas e sociais.

Uma exploração bem-sucedida suscita novos investimentos, novas mobilizações de recursos, novas prospecções e, com isso, vão aumentando os resultados e as reservas. Uma das constatações mais importantes da história da indústria mineral é precisamente essa relação, que demonstra que *os recursos não são, eles se tornam, vêm a ser*. Se o ambiente favorece a atividade, se a exploração produz resultados consistentes com o investimento realizado, o ânimo dos investidores é reforçado e, conseqüentemente, as atividades de prospecção se multiplicam, abrindo possibilidades de ampliação das reservas.

Esses argumentos ajudam a compreender a atividade primária (e a mineração, especificamente) de um modo dinâmico. A questão mais importante para o avanço da mineração, e para que ela possa cumprir um papel relevante no desenvolvimento de um país, é a criação de vínculos entre uma exploração e as próximas. Numa economia cada vez mais integrada no plano internacional, a possibilidade de selecionar alguns projetos (e não outros) torna a competitividade de uma determinada exploração um elemento-chave para a decisão sobre as próximas explorações.

Por isso é necessário pensar o desenvolvimento da mineração numa perspectiva integrada e dinâmica. Se o empreendimento, se a empresa, se os investidores, zelosos dos seus recursos financeiros, são levados a fraturar o ciclo virtuoso da exploração que multiplica os recursos, a redução da exploração pode conduzir à redução das reservas. O país que alimenta seu ciclo virtuoso aumenta sua produção e suas reservas, mas o país que reduz sua exploração reduz também sua produção e suas reservas.

Como dito, recursos não são, recursos se tornam. E se tornam por ação de esforços e da aplicação sistemática do principal recurso criado pela ação humana – o conhecimento. É o conhecimento que produz todos os recursos, mesmo os naturais. Essa visão sobre os recursos naturais e sobre sua criação pela ação humana se desdobra em várias dimensões relevantes e ajuda a compreender como tornar mais efetivos os recursos em potencial e a exploração dos recursos existentes.

As técnicas de produção usam recursos

O dinamismo tecnológico cria recursos

Há uma série de estudos¹ que argumentam a existência de uma correlação negativa entre o crescimento econômico e a abundância de recursos naturais e cunharam a expressão *maldição dos recursos naturais*. Segundo esses autores, países ricos em recursos minerais têm experimentado baixas taxas de inovação e de atividade empreendedora, governos ineficientes e baixo crescimento. No entanto, há pelo menos duas fragilidades dignas de nota nessa análise.

Embora os autores apresentem instrumentais estatísticos que validam tal correlação negativa, não há nenhuma evidência de que a baixa taxa de crescimento econômico desses países tenha como causa a abundância de recursos naturais. Além disso, os estudos apresentam como variável independente a participação dos recursos naturais no Produto Interno Bruto (PIB), o que não dá a medida de abundância de recursos naturais, mas sim da dependência de um país de uma determinada atividade produtiva.²

Intuitivamente é possível argumentar que não existe maldição dos recursos naturais, mas diferentes formas de exercer as atividades econômicas primárias, que podem favorecer ou não o crescimento econômico do país como um todo. A extração de recursos naturais sem mudança técnica – com uso das tecnologias já existentes e sem promoção de avanços na base de conhecimento, numa perspectiva de fluxo linear – representa o mero uso dos recursos. Sem organizações que demandem soluções, não há demanda por novos conhecimentos.

Isso dificulta – e até impede – a geração dos incentivos necessários para que o sistema industrial se diversifique no entorno e além da indústria primária. Para que a indústria primária seja motor do crescimento econômico no longo prazo, precisa ser catalisadora do progresso técnico e promotora de

1 Auty, 1990; Sachs & Warner, 1995; *Idem*, 2001.

2 Sachs & Warner são um exemplo dessa interpretação: “[We] want to measure the importance of natural resources in the economy, not just *per-capita*. For example, Canada has higher natural resources *per-capita* than Zambia, yet in Zambia natural resource production is more than 50 percent of the economy while in Canada it is less than ten percent. Natural resources have much more potential to crowd out other economic activities in Zambia than in Canada” (2001, p. 831).

diversificação. Essa diversificação pode ser para frente (indústria de processamento), para os lados na cadeia produtiva (indústria de máquinas, equipamentos e serviços tecnológicos para o setor primário e para a exportação) e para os lados em tecnologias de uso genérico (sistemas tecnológicos que possam ter uso em outras indústrias, como controles de processamento, controle atmosférico, sistemas de bombeamento, equipamento de construção e serviços de engenharia).³

O possível impacto negativo causado por tal dependência em termos de crescimento econômico não deve ser visto como um problema causado pela indústria produtora de bens primários. Na verdade, tal dependência é apenas reflexo da inabilidade do tecido econômico-industrial do país de criar elos intersetoriais dinâmicos que favoreçam a diversificação. Desse ponto de vista, a diversificação da economia poderia ser alcançada por meio da promoção e do suporte às atividades primárias, desde que voltadas à criação do fluxo iterativo de bens, de conhecimentos e de novos recursos entre diferentes setores da economia, impulsionados pela indústria primária.

Quando há mudança técnica, a indústria não se limita a *utilizar* os recursos: ela *cria* recursos. Mesmo sem o emprego de novas e melhores tecnologias para a utilização de recursos, as reservas de minério podem aumentar devido a novas descobertas. O processo de descoberta é sujeito a avanços nos campos da ciência e da tecnologia. Avanços na geologia e na geografia propiciam a compreensão do processo de formação e de distribuição de diversos minérios, tornando possível prever onde muitos deles podem ser encontrados. O sensoriamento remoto via satélite e o uso de uma ampla gama de tecnologias e técnicas têm adicionado novas dimensões ao mapeamento e à descoberta de minérios.⁴

O argumento de que a mineração é muito mais do que uma simples extração já foi desenvolvido por diversos autores.⁵ Embora, de acordo com o senso comum, o estoque de recursos naturais seja considerado dado, exógeno ao sistema econômico, o estoque de minerais é, até certo ponto, endógeno, produto do dinamismo do sistema econômico e dependente das regras institucionais. São elas que estimulam ou desestimulam os esforços

3 Jourdan, 2001.

4 De Gregori, 1987.

5 Wright, 1990.

e os investimentos que permitem incorporar reservas desconhecidas ao acervo de recursos disponíveis para o desenvolvimento. Assim como na indústria, um grande aumento da produtividade tanto na descoberta quanto na exploração pôde e pode ainda ser obtido pela aplicação do conhecimento e pela existência de redes de suporte intelectual, tais como as fornecidas pelas escolas de mineração e por diversos campos científicos correlatos.

O sucesso dos EUA na mineração, por exemplo, se caracterizou como um fenômeno de *aprendizagem coletiva*, incorporando, desde o investimento inicial em técnicas de exploração, a formação de engenheiros de minas e geólogos, fomentando uma revolução metalúrgica. O desenvolvimento de processos eletrolíticos na década de 1890 foi essencial para o avanço do cobre e do alumínio. Antes da Primeira Guerra Mundial, os Estados Unidos tinham o nível de capital humano mais elevado do mundo e podiam se orgulhar de possuir as melhores instituições de mineração, como a Universidade da Califórnia em Berkeley e a Escola de Mineração em Columbia. Foi nesse sistema de aprendizado coletivo que nasceu essa figura singular do desenvolvimento dos EUA: o prospector.

A indústria de mineração, e a de recursos naturais como um todo, pode, sim, ser intensiva em conhecimento. Mais importante do *quê* um país produz é *como* ele produz, observação feita por diversos estudiosos.⁶ A teoria ricardiana da dotação de fatores⁷ é uma explicação incompleta para a competitividade das nações, pois falha em explicar como a dotação mineral muda com o tempo, com frequência de forma drástica, com impactos nítidos na competitividade ao longo do processo. A competitividade de um país dotado de recursos naturais está longe de ser assegurada *a priori* e pode ser desestruturada se não houver harmonia entre as diferentes perspectivas envolvidas.

6 Zimmermann, 1951; Wright, *op. cit.*; Wright & David, 1997; Ferranti *et al.*, 2002.

7 Os fundamentos dessa teoria têm origem nas contribuições do economista inglês David Ricardo, expostas no livro *Os princípios da política econômica e da taxaço*, de 1817. Segundo tal teoria, cada país deve se especializar nos setores nos quais possui maior produtividade em comparação ao país com o qual possui relações comerciais. O que importa aqui não é o custo absoluto de produção, mas a razão de produtividade que cada país possui. O conceito de vantagens comparativas constitui o alicerce das teorias modernas do comércio internacional, que, por sua vez, possuem como base as contribuições teóricas dos economistas suecos Eli Heckscher e Bertil Ohlin. O modelo Heckscher-Ohlin, formulado na primeira metade do século XX, tem como hipótese que o padrão de comércio de uma economia reflete a diferença na distribuição da dotação de fatores entre o exportador e o importador, e que as economias deveriam se especializar na exportação de bens relacionados aos fatores nos quais seriam mais bem dotados.

Contrastando com a noção tradicional de que os depósitos minerais correspondem a uma dotação de fatores não renovável e fixa, avanços nos campos da ciência e da tecnologia possibilitam a descoberta contínua de novos depósitos. Esse processo explica como os Estados Unidos passaram de um “país pobre em termos de recursos minerais”, como definiu Benjamin Franklin em 1790, à condição de maior produtor de minérios do mundo um século depois.⁸

A extração de minérios nos Estados Unidos, muito mais do que um movimento de esgotamento das reservas nacionais, pode ser descrita como um processo contínuo de aprendizado, investimento, progresso técnico e redução de custos, gerando transbordamentos intersetoriais fundamentais para o desenvolvimento econômico do país.⁹ O estabelecimento do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, na sigla em inglês), em 1879, ajuda a ilustrar essa afirmação. O USGS foi encarregado de classificar as terras públicas e de analisar a estrutura geológica, os recursos minerais e os produtos de domínio nacional, constituindo um dos mais ambiciosos e produtivos projetos científicos governamentais de todo o século XIX.

Na década de 1890 e nos primeiros anos do século XX, a indústria estadunidense introduziu notáveis desenvolvimentos tecnológicos, como a adaptação do processo Bessemer¹⁰ para a conversão de cobre, a introdução da eletrólise em escala comercial, mudanças na forma de transporte dos minérios, o emprego de técnicas mecanizadas de remoção de produtos e resíduos e o processo de flotação. Foi o progresso técnico que possibilitou à indústria local continuar explorando minas com rendimento cada vez mais baixo. Entre 1890 e 1910, o rendimento médio do minério de cobre nos EUA caiu de 3,3% para pouco abaixo de 2%, enquanto no Chile, outro grande produtor, esses valores permaneceram estáveis entre 10% e 13%.¹¹ Teores que não eram considerados rentáveis foram alçados a essa condição e ajudaram no

8 Wright, 2001.

9 Wright & David, *op. cit.*; Wright, *op. cit.*

10 O método Bessemer é um processo de produção de aço batizado com o nome de seu inventor, o britânico Henry Bessemer, que registrou sua patente em 1855. A invenção foi o primeiro processo industrial de baixo custo para produção em massa de aço a partir de ferro-gusa fundido. Atualmente, o método mais atualizado é o processo Linz-Donawitz, que se baseia em uma técnica semelhante à de Bessemer, aperfeiçoada ao longo dos anos para criar metal de alta qualidade com poucas impurezas, reduzindo os custos de capital das plantas, o tempo de derretimento e a demanda de mão de obra.

11 Wright, *op. cit.*

desenvolvimento dos EUA justamente pelo concurso de novas tecnologias. As velhas técnicas *abusam* dos recursos, mas as novas tecnologias os *criam*.

O ponto a ser enfatizado aqui é que os avanços tecnológicos levaram diretamente à expansão da riqueza mineral dos Estados Unidos. Tais avanços foram fundamentais não apenas para aumentar a capacidade do país de *descobrir* novas reservas, mas também para elevar a eficiência técnica e econômica das explorações. Os EUA não apenas foram a economia mineral mais importante do mundo no período durante o qual o país se tornou líder mundial na manufatura (grosso modo, de 1890 a 1910), mas criaram ligações e complementaridades em torno dos setores de recursos naturais que foram vitais para o sucesso da economia do país como um todo.¹²

O mesmo não ocorreu no Chile, onde a indústria era comparável ou mesmo superior à estadunidense em meados do século XIX. O país latino-americano não foi capaz de responder ao declínio da oferta de minério provindo de minas de alto rendimento que ocorreu por volta de 1880 – com novas descobertas ou avanços e incorporação de tecnologias. E até o presente, não exerce um papel preponderante em termos de conhecimento no setor de mineração.

O desempenho de longo prazo desses países reflete a capacidade da indústria de criar, adaptar e disseminar novas tecnologias, estabelecido em um emaranhado de interações com organizações empresariais, educacionais, financeiras, de pesquisa e de suporte. A base indispensável dessas trajetórias é um ambiente capaz de harmonizar os interesses diversos numa perspectiva convergente, voltada para a consistência dos investimentos privados e públicos. A indústria de mineração, e a de recursos naturais como um todo, deve ser vista como elemento de aceleração do crescimento econômico e de promoção de mudança estrutural e sustentável do sistema produtivo.

O grande desafio é a criação de um ambiente econômico e institucional que propicie às atividades de mineração gerar outros benefícios além da receita obtida com impostos e *royalties*.¹³ A experiência internacional mostra que é imprescindível promover a acumulação de conhecimento e *expertise* em campos considerados chave para diferentes etapas da atividade de

12 Wright & Czelusta, 2007.

13 Davis & Tilton, 2005.

qualquer indústria de recursos naturais. A produção de conhecimento em centros tecnológicos e o investimento em pesquisa de qualificação profissional adequada em níveis técnicos e de engenharia devem ser elementos básicos do sistema produtivo para que a demanda do setor mineral possa acelerar e promover o crescimento econômico de longo prazo.

É claro que um elevado investimento em educação básica é pré-requisito desses elementos. O sistema produtivo só pode se desenvolver de forma dinâmica com mão de obra capaz de absorver o conhecimento produzido e transformá-lo em insumo. A promoção à pesquisa, ao desenvolvimento e às exportações por parte das organizações fornecedoras de bens e serviços para a cadeia de produção mineral também é um elemento importante para a geração de transbordamentos¹⁴ intersetoriais. Esses transbordamentos permitirão uma maior diversificação da economia com o auxílio da indústria de recursos naturais e não em sacrifício dela.

Mesmo nesse cenário de promoção de diversificação, a indústria mineiradora ainda exerce um papel central: são seus investimentos em novas explorações, em melhorias de eficiência, em busca de menor impacto ambiental, que servem de gatilho para fomentar o florescimento de atividades econômicas baseadas em conhecimento. Dessa forma, a existência de um ambiente econômico-institucional que favoreça os investimentos da indústria de mineração também é um elemento indispensável.

Diversos estudos¹⁵ apontam a importância do sistema de taxação, bem como de sua estabilidade, como elemento fundamental nas decisões de investimento das empresas mineradoras. Uma elevação demasiada dos impostos e dos *royalties* pode ser improdutiva para o país, pois cria desincentivos para os investimentos tanto em exploração quanto no desenvolvimento da mina em si.¹⁶ Um ambiente regulatório e institucional frágil tende a promover a extração acelerada e desencoraja o desenvolvimento de recursos porque gera insegurança sobre os benefícios futuros.¹⁷

14 Nas ciências econômicas, *transbordamentos* são externalidades de certas atividades ou processos cujos impactos atingem outros agentes que não aqueles diretamente envolvidos.

15 The Fraser Institute, 2006; Johnson, 1990; Otto, 1992; *idem*, 1998; Otto *et al.*, 2006.

16 Fritzsche & Stockmayer, 1978.

17 Ascher, 2000.

Os recursos naturais têm tanto ou mais potencial para gerar agregação de valor do que a indústria de manufatura

Muitos dos países tidos como mais desenvolvidos – a Austrália, o Canadá, os países da Escandinávia e os Estados Unidos, por exemplo – tiveram os recursos naturais como chave para um sucesso que souberam construir.¹⁸ Não há nenhum sinal de trivialidade nas trajetórias seguidas, pelo contrário: elas demonstram uma complexa coevolução das formas de organização empresarial e industrial, de ciência e de tecnologia, sem deixar de considerar as instituições de suporte. Em todos esses países, a educação e o treinamento exerceram um papel fundamental. Já em 1870, mais de 80% da população dos Estados Unidos e do Canadá com mais de 10 anos de idade eram alfabetizados, de três a quatro vezes mais do que os níveis observados na América Latina.¹⁹

A Suécia introduziu um sistema de educação obrigatória, em 1842, que foi crucial para a criação de uma base qualificada de capital humano e para a disseminação de tecnologias. Essa política erradicou o analfabetismo em cerca de três décadas. A política de educação universal na Austrália foi implementada em 1872, estabelecendo educação gratuita e compulsória no estado de Victoria, algo muito peculiar se considerado que, na década de 1840, o país ainda era colônia penal do Reino Unido.²⁰

Não foi apenas a educação básica que impulsionou o crescimento desses países: a existência de instituições de apoio à educação técnica e superior também foi determinante. Em 1820, a Suécia já possuía escolas técnicas, e as Universidades em Uppsala e Lund datam dos séculos XV e XVII, respectivamente. A Academia Sueca de Ciência foi fundada em 1739, e a Associação Sueca de Siderurgia, em 1747.

Essa associação publicou um periódico científico de mineração em 1817 e financiou viagens de treinamento e estudo no exterior dos cientistas e engenheiros suecos. Reuniões técnicas e seminários de engenharia estabelecidos para a construção de pontes de ferro e dos portões do canal Göta serviram de centro de treinamento. Além disso, engenheiros suecos eram

18 Ferranti *et al.*, *op. cit.*

19 *Idem, ibidem.*

20 *Idem, ibidem.*

com frequência treinados na Grã-Bretanha e na Alemanha, ao mesmo tempo em que engenheiros provenientes desses países também fizeram grandes contribuições à indústria sueca. Devido ao elevado nível de competência e habilidades técnicas, a Suécia possuía, em 1850, os fundamentos de uma moderna indústria de engenharia que, ao final do século XIX, exportava engenheiros e inovações para os Estados Unidos.²¹

O sucesso da Suécia está ligado ao fato de sua indústria ter sido capaz de superar os altos custos das matérias-primas e da mão de obra por meio de um extensivo processo de busca por caminhos alternativos. Esse processo foi apoiado por um sistema de ensino e de pesquisa vigoroso, que possibilitou a mecanização dos processos produtivos e a incorporação de operações com maior valor agregado.²² Em grande medida, esse avanço – ocorrido nas primeiras décadas do século XX – foi baseado em inovações desenvolvidas na Suécia: turbinas a vapor, separadores centrífugos, rolamentos, chave-inglesa, compressores a ar, dentre outros instrumentos e técnicas de precisão.²³ Muitas dessas oportunidades foram criadas porque a indústria local foi capaz de estabelecer elos dinâmicos com instituições e organizações envolvidas na produção e na disseminação das habilidades e dos conhecimentos necessários para manter e fortalecer a competitividade industrial.

Na Austrália, os primeiros engenheiros e metalúrgicos foram recrutados em 1886, fato ligado a inovações geradas nos Estados Unidos. Em 1920, havia 47 engenheiros para cada 100 mil habitantes na Austrália e 128 nos Estados Unidos. No entanto, em 1963, já existiam 163 engenheiros para cada 100 mil australianos, resultado obtido graças à rica infraestrutura de ensino e de pesquisa local. O Instituto de Mecânica de Sydney foi estabelecido em 1843, e o Colégio Técnico de Sydney, em 1878, ambos com o objetivo de difundir conhecimentos científicos da indústria de mineração. A Universidade de Sydney foi fundada em 1850 e, em meados da década de 1870, o país já contava com duas escolas de minas, em Bellart (1870) e Bendigo (1873).

O conhecimento geológico e a *expertise* mineradora se tornaram parte da cultura australiana, enriquecida por escolas de minas de classe mundial, e sua indústria tem estado na primeira linha do desenvolvimento e da aplicação de

21 *Idem, ibidem.*

22 Blomström & Kokko, 2003.

23 Ferranti *et al., op.cit.*

tecnologias para mineração. A existência de mão de obra livre e alfabetizada foi uma importante fonte de empreendedorismo e de inovação, e a adoção de tecnologias metalúrgicas e de mineração, sobretudo vindas dos Estados Unidos, permitiu a exploração das minas locais e gerou aprendizado – baseado na existência de instituições de suporte –, que faz da Austrália um grande exportador de conhecimento e de *know-how* em mineração. Atualmente, o país é líder em tecnologias de detecção de minérios, em técnicas de fechamento de minas e em conhecimento ambiental relacionado à mineração.

O Serviço Geológico do Canadá foi a primeira agência científica fundada no país, em 1842.²⁴ O Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá foi estabelecido em 1916, com o intuito de financiar pesquisa em universidades e constituiu um elemento crucial para a construção de competência científica em engenharia. No início da década de 1930, o conselho começou a desenvolver laboratórios de pesquisa próprios em áreas como química, física, biologia e aeronáutica.

Em 1901, 83% dos canadenses já sabiam ler e escrever, apesar de ainda haver certa disparidade regional. No entanto, graças ao acesso universal à educação básica (e à morte da geração mais velha e não alfabetizada) após duas décadas, a taxa de alfabetização do país era homogênea, de 90%.²⁵

Esses exemplos ajudam a documentar o longo caminho percorrido por essas economias no sentido de fazer da base de recursos naturais o motor do desenvolvimento pela via do progresso técnico. A característica típica dessas experiências foi a existência de um ambiente de aprendizado, de pesquisa e de inovação no qual estava incrustado o desenvolvimento, puxado pela aplicação de novos recursos aos chamados *recursos naturais*.

Possíveis impactos adversos de uma política tributária imediatista

O objetivo principal da tributação dos recursos minerais é remunerar o Estado e a sociedade pela extração de um recurso não renovável que (quase sempre) é

²⁴ Vodden, 1992.

²⁵ Bothwell *et al.*, 1990.

de sua posse e controle. Quanto mais o governo tributa o setor de mineração, maior será sua parcela na riqueza gerada pela indústria. No entanto, dentre muitas particularidades da indústria de mineração, o caráter cíclico – industrial e financeiro – precisa ser bem caracterizado antes de iniciar qualquer tipo de análise crítica dos sistemas tributários direcionados a essa indústria.

É possível distinguir quatro estágios no ciclo industrial desse setor: (i) *exploração*: fase de custos e riscos elevados e na qual ainda não há receita, durante a qual os governos adotam medidas para encorajar investimentos, tais como a permissão de que perdas nessa fase possam ser subtraídas dos lucros futuros; (ii) *desenvolvimento da mina*: também de custo elevado, sobretudo pelo alto volume de investimentos em capital que demanda; (iii) *produção*: estágio mais longo e lucrativo no ciclo industrial e, comumente, quando os pagamentos de tributos são realizados, e (iv) *fechamento da mina*: após a mina parar de produzir, o projeto pode demandar, por exemplo, custos significativos de reabilitação.²⁶

O poder de barganha do investidor frente ao governo é muito mais elevado antes de o investimento ser feito, mas assim que ele investe recursos em ativos irrecuperáveis para viabilizar a exploração comercial de uma reserva, fica em posição desfavorável frente ao Estado. Palmer (1980) faz o relato histórico de uma situação comum na indústria de mineração: antes da exploração, com os investidores em posição privilegiada, os governos concedem generosos benefícios fiscais para induzir os agentes privados a fazer os investimentos desejados.

Uma vez que a descoberta é colocada em produção comercial, os termos do acordo inicial podem parecer generosos demais – sobretudo quando os preços dos minérios estão em fase de alta – levando a fortes demandas políticas por novas bases tributárias. Nesse caso, a revisão das bases pode permitir ao governo recuperar uma parcela maior das rendas geradas pela extração mineral. No entanto, ao fazê-lo, o processo de renegociação aumenta os riscos políticos percebidos pelos novos investidores e, portanto, eleva a taxa de retorno exigida para novos investimentos.

O setor mineral é capaz de gerar benefícios substanciais para uma região ou para um país. Numa perspectiva imediata, de curto prazo, existe sempre a tentação de encarar os impostos pagos como a maior contribuição gerada

²⁶ Mitchell, 2009.

pela atividade, além das receitas de exportação. Mesmo países que possuem capacidades competitivas reduzidas em atividades industriais, agrícolas ou de serviços podem ter sido abençoados com jazidas minerais e obter, assim, receitas em moeda estrangeira, que se tornam sua principal forma de inserção na economia internacional. O exemplo mais evidente dessa forma de inserção é o dos países petroleiros.

Os benefícios gerados pelas receitas de exportação e por meio de impostos e de *royalties* representam apenas a forma mais visível e imediata da atividade mineradora. Os maiores efeitos positivos pertencem, sobretudo, a outras esferas. Do exame das experiências internacionais, é possível destacar que a indústria de mineração possui, nas economias tipicamente mineradoras, sem grande diversificação de suas atividades produtivas, a capacidade de contribuir para melhorar a qualificação da mão de obra da população e de servir como núcleo do desenvolvimento econômico. Baseada em políticas apropriadas, a indústria pode ser competitiva em qualquer país dotado de recursos naturais.²⁷ Essa competitividade pode ser reforçada, ao longo do tempo, por relações que permitam o desenvolvimento de competências específicas, das firmas individuais e do sistema industrial que a mineração vai estimulando nos seus entornos.

Os efeitos positivos podem ir muito além. A mineração pode contribuir, por iniciativa própria ou de modo estimulado pelas políticas governamentais, para a criação de benefícios não pecuniários como a construção e a manutenção de rodovias e de ferrovias em regiões remotas, importantes para outras atividades econômicas e para a sociedade de um modo geral. A construção de escolas, de hospitais e de outros serviços sociais, a contratação de fornecedores locais e o desenvolvimento de atividades de processamento são outros exemplos nesse sentido. Obviamente, essas atividades representam custos para as empresas mineradoras e precisam ser compatibilizadas com a manutenção da competitividade do setor, numa perspectiva internacional.²⁸

A política tributária precisa considerar os riscos e os custos inerentes às diferentes fases do ciclo de vida da indústria. Os recursos minerais precisam ser *descobertos* e, mesmo após a descoberta, o valor real de um depósito não pode ser conhecido até ele ser explorado. A extensão e o custo

27 Bosson & Varon, 1977.

28 Otto *et al.*, *op. cit.*

das atividades de pré-produção exigidas no desenvolvimento dos recursos minerais excedem o que é necessário para o desenvolvimento de diversas outras indústrias. Três longos estágios – amplas pesquisas geológicas, uma exploração detalhada e regional e uma elaborada delimitação da massa de minérios (*orebody delineation*) – necessariamente precedem o desenvolvimento de uma mina. O intervalo de tempo entre o início da exploração e a produção comercial pode ser considerável.²⁹

Uma análise detalhada não dá suporte à noção popular de que a indústria de mineração é uma das mais lucrativas. Isso porque os dados que embasam essa suposição estão, em geral, fundamentados em períodos de elevados lucros em projetos de grande magnitude e bem-sucedidos, que não são representativos da indústria como um todo. Se todos os gastos com a exploração forem incluídos, a indústria pode ser considerada de lucratividade média ou pouco acima da média, mas com grande variância, dado o número de projetos arriscados que falham. No entanto, a figura lucrativa varia de ano para ano e de empresa para empresa. Em períodos de crescimento econômico, a indústria de mineração tende a se sair melhor do que outras indústrias, mas em períodos de instabilidade econômica, tende a apresentar um declínio mais severo.³⁰

Frente aos riscos intrínsecos à atividade de mineração e aos riscos de mercados tão cíclicos quanto os de matérias-primas e de produtos primários, a última coisa de que a atividade precisa, na perspectiva do seu desenvolvimento, são riscos regulatórios, políticos e institucionais. Os riscos associados a uma eventual alteração do sistema tributário do setor de mineração são um componente importante da incerteza associada à indústria. Se eles são considerados elevados, as empresas são levadas a procurar incentivos que tornem mais curto o período de recuperação dos investimentos e que apresentem taxas de retorno mais favoráveis no curto prazo.³¹

Numa perspectiva estática, de curto prazo e imediatista, é possível afirmar que pode ser do melhor interesse de um governo elevar a tributação sobre um determinado setor. Afinal, os investimentos estão feitos, as empresas são reféns, não há nada que possam fazer contra essa medida, e

29 Bosson & Varon, *op. cit.*; Mitchell, *op. cit.*

30 *Idem, ibidem*; Crowson, *op. cit.*

31 ICMM, 2009.

o governo (e a sociedade desse país) só tem a ganhar. Essa perspectiva, consistente na aparência, tem falhas que podem criar efeitos indesejáveis.

No médio prazo, taxas mais elevadas tendem a desencorajar a exploração e o desenvolvimento das minas, o que acaba por reduzir as receitas tributárias a um nível inferior ao que seria observado sem a elevação da taxa. Elevar o nível de taxação da mineração, impondo um novo ou mais elevado *royalty*, com frequência parece lucrativo no curto prazo, mas pode representar uma redução das receitas no longo prazo – ou mesmo antes, se o preço dos minérios cair – se as empresas optarem por reduzir o nível de exploração.³² Esse argumento é ainda mais válido quando se considera que muitas das empresas são, hoje, globalizadas ou possuem unidades de mineração em diferentes países e continentes. Elas podem deslocar contratos e produção de uma base nacional para outra, segundo as suas conveniências e em sentido contrário às mudanças regulatórias impostas.

No longo prazo, taxas mais elevadas e mudanças regulatórias unilaterais podem produzir a quebra do ciclo de retroalimentação entre investimentos exitosos e novos investimentos. Com isso, mesmo com um ritmo de exploração inferior, o nível das reservas é reduzido, e a atividade mineradora perde importância. Perdem importância também as atividades correlatas, que migram para outras bases territoriais que vão se desenvolver de modo mais efetivo graças à integração dos novos recursos produtivos.

A competitividade na mineração e no processamento mineral é, em última instância, baseada nos custos de produção.³³ Entram nos custos não apenas a remuneração do trabalho, o capital e outros fatores de produção, mas também os custos associados aos *royalties*, ao imposto de renda, aos requerimentos regulatórios e a outras políticas governamentais.

Uma importante questão remete à potencial influência dos governos sobre a competitividade do setor de mineração, por meio dos custos que podem impor à indústria. É recorrente o argumento de que uma política de taxação excessiva pode desencorajar investimentos e comprometer as minas existentes.³⁴ Tilton (1992) argumenta que tais medidas geram impactos negativos na competitividade da indústria em três estágios: (i) o país perde competitividade

32 Otto *et al.*, *op. cit.*

33 Tilton, 1992.

34 Bosson & Varon, *op. cit.*

em atrair investimentos necessários para desenvolver projetos em novas minas ou em unidades de processamento (*greenfield competitiveness*); (ii) o país perde competitividade em atrair os capitais necessários para expandir as operações existentes (*brownfield competitiveness*), e (iii) o país perde competitividade em manter as operações existentes (*redfield competitiveness*). Se o custo variável médio de produção dessas unidades superar o custo total médio de outras operações, elas serão fechadas.

Pode levar muitos anos até que a elevação das tarifas reduza o nível de produção de um país, o que reforça a miopia de políticas focadas apenas no curto prazo, fato ainda mais agravado pela ciclicidade característica da indústria de mineração.

Em épocas de baixa demanda e de preço baixo, alguns governos fazem concessões excessivas às empresas de mineração – oferecendo baixas taxas e isenções fiscais diversas – porque seu poder de barganha frente a potenciais investidores é baixo. Ademais, as pressões de curto prazo em épocas de crise geram uma briga canibalística por investimentos entre países ricos em recursos naturais, que se traduz em uma baixa taxa de retorno, reforçando a concessão exagerada de benefícios à indústria.

No entanto, quando as circunstâncias internacionais se alteram para um cenário de preços elevados e de demanda aquecida, a distribuição do poder de barganha se inverte, sobretudo porque os investidores já comprometeram um montante considerável em ativos irrecuperáveis. Mais uma vez, a busca por elevar a receita advinda dos recursos minerais a curto prazo, uma preferência temporal politicamente motivada para receber mais receitas no presente do que no futuro, pode introduzir instrumentos tarifários retroativos, novos *royalties* ou a elevação das taxas existentes.

Isso pode causar sérios danos à competitividade da indústria quando os preços e a demanda tomam a direção oposta, podendo gerar a exploração ineficiente dos depósitos minerais existentes ou o abandono precoce de minas em operação.³⁵ A elevação dos tributos e dos *royalties* nos períodos de bonança reflete a pressa do Estado em realizar lucros no presente, fragilizando a possibilidade de gerar encadeamentos dinâmicos (e lucros supranormais, advindos do processo de criação de oportunidades econômicas) no futuro.

35 Otto et al., *op. cit.*; ICMM, *op. cit.*

Ao contrário de uma análise puramente ricardiana³⁶, a criação de rendas no setor de mineração requer não apenas a existência de depósitos minerais valiosos e de qualidade superior, mas também que tais depósitos sejam descobertos por meio de processos prospectivos e de criação por inovação de novas tecnologias que tornem viáveis depósitos considerados economicamente inviáveis. Antes de serem descobertos e do desenvolvimento de tecnologias que permitam sua exploração lucrativa, os recursos minerais não podem ser explorados. Ou seja: *os recursos não são, eles se tornam, vêm a ser*.

Essa busca por criar e capturar a renda supranormal fornece os incentivos para a exploração de muitos depósitos minerais. Os geólogos que vasculham montanhas em busca de novas reservas de minério não estão buscando depósitos marginais, mas *bonanças*, com toda a renda supranormal associada. De maneira análoga, a busca por novas tecnologias que convertem depósitos minerais inviáveis do ponto de vista econômico em minério valioso é impulsionada pela expectativa de capturar as rendas supranormais que tais inovações bem-sucedidas são capazes de criar. Logo, taxar em excesso o setor de mineração, sob o pretexto de extrair as rendas supranormais que, por definição, não alterariam as decisões produtivas dos agentes econômicos, afeta diretamente suas estratégias inovativas. O efeito disso no longo prazo pode, até, acarretar a não reposição das reservas existentes pela falta de incentivo ao engajamento de atividades de elevado risco.

Nada é mais enganoso do que aplicar uma perspectiva estática aos recursos minerais. Eles são uma riqueza potencial e precisam ser desenvolvidos para se tornar uma fonte de riqueza efetiva. Esse desenvolvimento depende de muitos fatores, sendo o mais importante a compreensão de que o conhecimento, a tecnologia e o desenvolvimento de novas soluções para explorar suas possibilidades depende de circunstâncias favoráveis. Algumas dessas circunstâncias são materiais, outras, intangíveis. O relacionamento da indústria com uma rede de fornecedores e parceiros comerciais assegura a geração de novas competências de modo duradouro, ampliando a produção, o rendimento e as reservas.

Para que essa estruturação industrial e tecnológica possa ocorrer, uma base institucional adequada precisa ser estabelecida e consolidada. É sobre o terreno sólido das instituições seguras e das regras estáveis que os investimentos de longo prazo podem ocorrer e produzir os melhores resultados. Para as empresas, para os atores diretamente relacionados e para a sociedade.

36 Ver nota 7.



2 PADRÕES DE PRODUÇÃO MINERAL E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO: EFEITOS DA MINERAÇÃO SOBRE A INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS ESPECIALIZADOS



Mais do que dependentes umas das outras, as atividades econômicas vão conquistando níveis de produtividade crescentes por ação de soluções intensivas em conhecimento. Muitas vezes, esses conhecimentos se corporificam em produtos de setores específicos ou em serviços especializados, embora tenham origens em campos científicos e tecnológicos os mais variados. Essas soluções transformam cada atividade econômica e vão esmaecendo as fronteiras que existiam entre elas.

A produção agrícola se torna intensiva em equipamentos e insumos industriais e depende de serviços cada vez mais qualificados e diferenciados. A indústria depende dela mesma no fornecimento de insumos e equipamentos, mas compreende serviços que qualificam os seus produtos e processos, agregando novas margens de valor. Os serviços dependem de outros serviços, mas também de insumos e equipamentos modernos e adequados a cada propósito. Na base de cada uma dessas transformações tão relevantes, estão conhecimentos, profissionais qualificados e equipes dedicadas a desenvolver novas soluções.

Os organismos oficiais continuam a classificar as empresas a partir das suas atividades (às vezes recorrendo ao termo *atividade principal*), mas as fronteiras entre os setores vêm deixando de ser precisas. Mesmo quando o produto de uma atividade é claramente definido, a atividade é dependente de novos insumos, componentes, produtos e processos que se originam em outras atividades, e isso torna as definições menos claras e mais discutíveis.

Quando se decompõe a produção de um setor nos seus elementos, verifica-se que uma parcela é formada por um valor novo, criado na etapa produtiva em questão, e outra parcela é a transferência de valor dos elementos produzidos nas etapas anteriores. O arar a terra, por exemplo, é uma etapa



do processo de produção agrícola, que demanda um trabalho novo e envolve também uma transferência parcial do valor criado anteriormente, no processo industrial de fabricação do trator e dos implementos necessários. A fiação transforma fibras em fios prontos para a tecelagem, mas em cada fio existe o trabalho feito na própria etapa de produção e o valor advindo de etapas anteriores: além das fibras, há uma fração das máquinas que, de modo invisível, vão sendo transferidas aos fios.

Assim é com cada atividade econômica, mesmo com aquelas que parecem surgidas do nada, que não possuem insumos anteriores ou equipamentos de apoio. O profissional solitário também foi produzido ao longo dos anos, por investimentos e capacitações que o tornam apto a uma atividade produtiva.

Classificada como *atividade primária*, a mineração é cada vez mais dependente de produtos industriais e de serviços. Embora esse relacionamento intenso de dependência seja uma característica bastante atual, sobretudo o grau de penetração da ciência e do conhecimento nas atividades minerárias, a relação de demanda de soluções industriais avançadas pela mineração não é nova. Os engenhos produzidos por Thomas Newcomen (em 1712) e James Watt (em 1775) visavam à mineração e pretendiam resolver um dos seus principais problemas: as inundações, que limitavam a profundidade em que uma mina poderia ser escavada. Três séculos depois, a mineração continua a colocar problemas que inspiram e mobilizam os homens da ciência e da indústria e a estimular soluções que, como a máquina a vapor, têm aplicações que vão muito além das suas fronteiras.

Como visto no capítulo anterior, os recursos naturais, longe de serem uma simples dádiva da natureza, têm que ser criados por ação do homem, do trabalho e do esforço social. O desenvolvimento mineral de vários países está associado à formação, ao desenvolvimento e à consolidação de empresas com capacidades industriais e tecnológicas que subsistiram à perda de importância do setor no contexto da região ou do país e se tornaram elementos dinâmicos de projeção da economia nacional sobre o ambiente internacional. A indústria de mineração estimulou o nascimento e a consolidação de uma indústria que se tornou fonte autônoma de capacitação tecnológica e industrial e, por essa via, contribuiu para o desenvolvimento das regiões nas quais está implantada, mesmo depois que a mineração perdeu sua forte participação.

Desenvolvimento tecnológico: quatro elementos centrais para a sua compreensão

A indústria de recursos naturais estimula, com o seu desenvolvimento, o surgimento e o aperfeiçoamento de soluções em diversos outros campos, que estão direta ou indiretamente relacionados. É esse o caso, por exemplo, dos equipamentos, importantes para toda a cadeia produtiva do minério, ou das aplicações que são geradas pelos diferentes minérios, a jusante da mineração.

A importância da atividade mineradora como catalisadora do progresso técnico remonta ao início do século XVIII. Um marco pode ser estabelecido no ano de 1712, quando o inventor inglês Thomas Newcomen introduziu o primeiro motor a vapor para bombeamento de água.¹ Esse motor, popularmente conhecido como *máquina a vapor de Newcomen*, foi introduzido de forma gradual em diversas minas da Grã-Bretanha e da Europa continental, para contornar os problemas relacionados ao alagamento.

O sistema de bombeamento propiciado pela máquina de Newcomen se mostrou uma solução bastante eficaz para esse problema específico, mas foi James Watt o grande responsável pelos avanços que permitiram à máquina a vapor assumir a grandeza de uma das mais importantes invenções da humanidade, conquistando muitos outros usos.

Em 1775, Watt (então fabricante de instrumentos na Universidade de Glasgow) patenteou uma nova máquina a vapor que, na verdade, apenas trazia melhorias sobre o modelo inventado por Newcomen mais de setenta anos antes.² Mas parece evidente que as melhorias – as de Watt e as de todos os que se seguiram – alargaram as possibilidades de uso do artefato e melhoraram o seu rendimento. A máquina de Newcomen foi útil para bombear água de minas mas, devido a certas falhas na sua concepção, não podia ser empregada como fonte de energia em outras indústrias.

1 Newcomen, por sua vez, melhorou a eficiência de um artefato produzido por Thomas Savery, cuja patente original data de 1698. Savery trabalhou com Newcomen e foi responsável por vários outros inventos e patentes. Os aperfeiçoamentos de Watt à máquina de Newcomen iniciaram em 1765.

2 Entre as importantes (e nem sempre mencionadas) consequências dessa máquina está o reconhecimento das relações entre o conhecimento científico e a vida material: a máquina a vapor não nasceu do conhecimento profundo e rigoroso das leis da ciência, mas dos estímulos colocados à engenhosidade humana pelas necessidades da produção cotidiana. Foi a máquina a vapor que demandou dos homens de ciência o desafio de compreender os seus princípios e formular leis (neste caso, as da termodinâmica).

As melhorias introduzidas por Watt aumentaram as possibilidades de aplicação da máquina a vapor como fonte de energia universal na então emergente indústria de transformação. Só que o padrão estabelecido pelo motor de Watt não foi o melhor no poder de vapor. Cerca de trinta anos depois de sua contribuição, o desempenho dos motores a vapor havia aumentado de duas a três vezes, sem que o projeto básico do motor passasse por qualquer grande mudança.

Em outras palavras, foram mudanças relativamente pequenas (ou incrementais) em partes fundamentais do motor (como caldeiras e cilindros) as responsáveis pela rápida melhoria no desempenho, ao invés de qualquer mudança radical ou revolucionária da tecnologia. A utilidade do artefato e a sua aplicação crescente foram suscitando novos aperfeiçoamentos, e esses resultados foram criando diferentes possibilidades de aplicação, num processo que ilustra as relações entre tecnologia e mercado, entre avanços técnicos e usos crescentes.

À medida que esses usos foram ampliados, foram sendo definidas trajetórias de desenvolvimento tecnológico (por exemplo, nos materiais), e os usos se difundiram para outros campos técnicos e econômicos. Essas adaptações também foram cruciais para a difusão da máquina a vapor como fonte de energia em diversas atividades. A existência de motores menores e mais potentes permitiu, ao longo do século XIX, seu emprego de maneira crescente como fonte de energia em máquinas nas fábricas, nos moinhos, nas minas e em estações de bombeamento, além do uso como propulsor em diversos meios de transporte (locomotivas, navios, automóveis).

A sequência desde a máquina de Newcomen até a locomotiva a vapor realça a compreensão de tecnologia como um sistema de invenções que vão se sobrepondo mais ou menos logicamente. A máquina a vapor também ilustra ao menos quatro aspectos inerentes à tecnologia ressaltados em diversos trabalhos do estadunidense Nathan Rosenberg, teórico, investigador sistemático e especialista em história e economia da tecnologia: (i) convergência tecnológica; (ii) complementaridades; (iii) impacto cumulativo de melhorias incrementais, e (iv) relações intersetoriais.

Tais aspectos são fundamentais para entender como a mineração, uma indústria dita primária, pode se inserir no tecido industrial, impulsionando o progresso técnico além de suas fronteiras. Esse referencial, produto da reflexão dos estudiosos dos processos de desenvolvimento tecnológico

ligados à corrente evolucionária da economia, será de grande utilidade para a compreensão do papel que o setor primário pode desempenhar na estruturação do setor industrial e no desenvolvimento econômico.

Elemento 1: convergência tecnológica

É interessante examinar a indústria de máquinas e equipamentos do ponto de vista dos processos de aprendizado. A produção de diferentes tipos de bens de capital possui uma gama de problemas (relativamente) análogos, assim como a solução de tais problemas envolve uma variedade de competências e conhecimentos técnicos que guardam similaridade.

O processo de industrialização impulsionado pela difusão do motor a vapor, por exemplo, foi caracterizado pela introdução de um número de certa forma pequeno de processos produtivos similares em um elevado número de atividades produtivas. Em cada uma dessas atividades, a máquina a vapor resolvia problemas e suscitava demandas por novas soluções. Uma vez que os princípios são compreendidos (com ou sem base científica formalizada), o próprio artefato mostra suas necessidades, indicando outros caminhos: melhoria dos rendimentos, redução dos desgastes, aumento da confiabilidade. Essa trajetória vai abrindo oportunidades diferentes de aplicação, algumas com sucesso (as locomotivas para as ferrovias), outras nem tanto (os automóveis).

Em contraste à sequência de atividades paralelas e não relacionadas, Rosenberg (1963) chama a atenção para a existência de uma base tecnológica comum em diferentes indústrias, fenômeno que ele chama de *convergência tecnológica*. Essa convergência existe ao longo de todo o setor de máquinas e equipamentos de uma economia industrial. Mas não se limita a isso: a própria indústria de bens de capital guarda elementos, habilidades e conhecimentos comuns a diversas outras indústrias, sejam elas de base metalomecânica, eletrônica, microeletrônica ou, mais recentemente, as relacionadas às tecnologias de informação e de comunicação.

Ao longo da cadeia produtiva dessas indústrias, há problemas técnicos mais ou menos comuns, como transmissão de energia, dispositivos de controle, mecanismos de alimentação e problemas relacionados às propriedades dos metais. É óbvio que essas similaridades são dinâmicas e sofrem

mutações de acordo com a evolução da base de conhecimento subjacente, bem como são reflexo do caráter difuso e universal que essas tecnologias são capazes de assumir.

É porque esses processos e problemas se tornaram comuns para o desenvolvimento e a produção de diversos produtos que indústrias, de naturezas e produtos finais não relacionados à primeira vista, se mostram ligadas na prática (são tecnologicamente convergentes), pois assentam sobre uma mesma base tecnológica. Isso ocorre, por exemplo, em máquinas e implementos agrícolas e máquinas e equipamentos para mineração e construção, ou ainda em soluções de gerenciamento de atrito e transmissão de energia para aplicações que vão de aviões a automóveis, equipamentos de mineração a instrumentos médicos.

A compreensão desse fenômeno ajuda a entender os casos de empresas dos países nórdicos que, originalmente, desenvolviam tecnologias para a indústria de mineração local (caracterizada por minérios de baixa concentração e alta complexidade, agravada pela carência de recursos energéticos) e, por meio de uma sólida base de engenharia construída ao longo dos anos, se tornaram importantes exportadoras de bens e serviços que ultrapassam as fronteiras da indústria de mineração.

As oportunidades de diversificação em uma mesma base tecnológica são definidas pela existência de máquinas, processos, competências, conhecimentos e matérias-primas, que são complementares e estão intimamente associadas no processo de desenvolvimento e de produção. Foi essa a abordagem de Edith Penrose, economista estadunidense que se destacou por suas contribuições teóricas sobre o crescimento das firmas, sobretudo em seu renomado livro *A teoria do crescimento da firma*, publicado em 1959.

No entanto, diferentes bases tecnológicas podem conter conhecimentos, técnicas e outros elementos comuns, o que, muitas vezes, torna a fronteira entre elas difícil de ser definida. Mas é claro que se mover para uma base tecnológica requer a aquisição de competências em áreas distintas, que permitirão diferentes combinações de elementos das bases de conhecimento mais ou menos comuns. A complementaridade existente entre as tecnologias retroalimenta as possibilidades de diversificação, induzindo um processo dinâmico de acumulação de novos conhecimentos e novas competências conforme se exploram bases tecnológicas vizinhas.

Elemento 2: complementaridades

O caráter complementar entre diferentes tecnologias remete à constatação de que as invenções raramente funcionam de maneira isolada. Em outras palavras, tecnologias dependem umas das outras e interagem de maneiras que podem não ser evidentes ao primeiro olhar. Cada tecnologia é um sistema que envolve a criação de partes adequadas de trabalho e de tecnologias de apoio. Essas partes levantam seus próprios desafios ou problemas, cuja solução pode levantar outros desafios e implicam pressões internas, que servem para fornecer mecanismos de indução dinâmicos. A atenção e o esforço da equipe de engenharia são focados em problemas específicos, relacionados às mudanças dos pontos de estrangulamento que emergem conforme os desenvolvimentos avançam. Como resultado, a invenção é um processo de resolução de problemas por método recursivo: avanços nas trajetórias tecnológicas envolvem a solução de novos problemas decorrentes do contato com outras bases de conhecimento que, por sua vez, ampliam o espectro de atuação das empresas.

As transformações industriais só podem ser entendidas pelas interações de algumas tecnologias que fornecem a base para outras mudanças tecnológicas. Isso pode ser visualizado, no caso da máquina a vapor, como uma série de círculos concêntricos cada vez maiores, no centro dos quais emergiram algumas inovações importantes na alimentação de vapor, metalurgia básica (principalmente ferro) e utilização em larga escala dos combustíveis minerais (em especial o carvão). Podem-se identificar os tipos similares de agrupamentos em torno da energia elétrica no final do século XIX, o motor de combustão interna no início do século XX e, nos anos mais recentes, dos plásticos, dos equipamentos eletrônicos e dos computadores. Em cada caso, uma inovação central ou pequeno número de inovações forneceram a base em torno da qual um número maior de novas melhorias cumulativas e invenções complementares foi se estabelecendo.

Elemento 3: impacto cumulativo de melhorias incrementais

O exemplo emblemático da máquina a vapor também deixa clara a importância das melhorias incrementais incorporadas à inovação inicial. Os ganhos de desempenho e de produtividade se manifestam por meio de um

processo lento – e às vezes imperceptível – de sucessivas introduções de melhorias pequenas, se analisadas de maneira isolada, mas capazes de fazer uma grande diferença no sistema como um todo. Os principais incrementos da produtividade continuam a chegar muito tempo depois de ter sido introduzida a inovação inicial. O produto e o projeto vão passando por inúmeras modificações sutis para atender às necessidades dos usuários finais.

Essas alterações são alcançadas por meio de atividades rotineiras de projeto e de engenharia e incluem desde o fluxo de melhorias na movimentação de cargas e o redesenho de técnicas de produção para maior comodidade até a redução de custos de manutenção e reparação. O efeito cumulativo de mudanças técnicas incrementais na redução de custos foi de fato maior do que o efeito de mudanças técnicas em sentido estrito. Os artefatos técnicos do mundo da produção e da vida cotidiana são reveladores desse processo persistente e abrangente. Os aumentos de produtividade de tantas atividades e o aperfeiçoamento dos usos de artefatos seculares (como o automóvel) ou recentes (como o telefone móvel) ilustram bem essa afirmação.

Elemento 4: relações intersetoriais

Muitas das vantagens do aumento de produtividade decorrentes de uma inovação são sentidas em outros setores que não aquele no qual a inovação foi feita. Por essa razão, uma explicação sobre os benefícios da inovação deve incluir uma análise de relações interindustriais. Grande parte da evolução tecnológica dos últimos dois séculos foi gerada por empresas especializadas na produção de bens de capital ou por invenções que deram origem a novas empresas produtoras de bens de capital. Os principais beneficiários das mudanças tecnológicas dessas indústrias são, em primeira instância, os compradores desses produtos em outras indústrias, mas os benefícios totais podem ser pulverizados ao longo do sistema econômico, sobretudo por reduções de custos e ganhos de produtividade oriundos de mudanças tecnológicas incorporadas em máquinas e equipamentos.³

3 Uma das razões que ajudam a explicar a crescente disponibilidade dos chamados recursos naturais é precisamente o avanço das capacidades de produção.

A indústria de bens de capital pode ser encarada como um reservatório de habilidades e de conhecimentos técnicos empregados em todas as atividades industriais da economia. Por tratar de processos e problemas comuns a um número crescente de indústrias, esse setor tem se tornado um centro de difusão de novas tecnologias. O conjunto de conhecimentos e de habilidades técnicas foi introduzido como resultado de problemas que surgiram em determinadas indústrias. Uma vez que o problema específico foi resolvido e adicionado ao reservatório de conhecimento, a solução se tornou disponível, talvez com pequenas modificações e adaptações, para o emprego nas indústrias tecnologicamente relacionadas. Assim, como resultado da convergência tecnológica, da complementaridade, da cumulatividade das inovações e das relações intersetoriais, uma gama de externalidades positivas de grande importância foram geradas de forma rápida.

Da tipologia dos padrões setoriais aos sistemas nacional e setorial de inovação

Keith Pavitt (1984), economista britânico e pesquisador do Núcleo de Pesquisa sobre Políticas Científicas da Universidade de Sussex, desenvolveu uma tipologia das especificidades setoriais quanto às fontes e direções do progresso técnico. Ele atribui aos fabricantes de máquinas e equipamentos grande responsabilidade na difusão de tecnologias, classificando-os como *fornecedores especializados*. Tais fornecedores suprem seus clientes com conhecimento especializado e experiência que resultam da concepção e da construção de equipamentos para uma série de usuários, muitas vezes dispersos por diversos setores.

De acordo com essa tipologia, a indústria de mineração é *intensiva em escala*, dado que as principais fontes de inovação são departamentos internos de engenharia e fornecedores de máquinas e equipamentos. Uma vez que os consumidores de produtos minerais são sensíveis ao preço, as trajetórias tecnológicas são voltadas à redução de custo, uma diretriz que, nas últimas décadas, tem convivido com a demanda crescente por processos mais amigáveis ao meio ambiente. Esses fornecedores, por sua vez, desenvolvem e difundem conhecimento especializado e experiência a seus clientes e usuários, como resultado do esforço de projetar e construir equipamentos

para uma variedade de clientes, com frequência espalhados por um número considerável de indústrias. Tornam-se, assim, vetores do processo de fertilização cruzada entre tecnologias ou aplicações tecnológicas.

No entanto, esse fluxo intersetorial de bens, serviços, informações e conhecimento não pode ser atribuído ao acaso. O nascimento e a evolução das firmas criadoras e difusoras do progresso técnico se dá em um ambiente formado por um número muito maior de empresas, organizações públicas e privadas de pesquisa e desenvolvimento, universidades e institutos de pesquisa, sujeitos a instituições resultantes de um processo lento e gradual de evolução conjunta dos agentes (empresas, instituições, tecnologias, usos, conhecimentos, mercados).

Essa articulação entre organizações e instituições, permitindo a geração e a circulação de conhecimentos científicos e tecnológicos que originam novos produtos e processos, pode ser encarada como um *sistema de inovação*. A ideia de que tal articulação sofre forte influência de fatores intrinsecamente nacionais, mas está sujeita a especificidades setoriais, é a base da definição de *sistemas nacionais e setoriais de inovação*.⁴ No entanto, a indústria de bens de capital é o elemento crucial da dinâmica de inovação, em âmbito nacional ou de um setor específico. Por razões históricas, a cumulatividade dos conhecimentos, das tecnologias e dos processos de aprendizagem das empresas e dos sistemas possibilita aos inovadores originais consolidar suas posições ao longo do tempo.

Experiências históricas das relações entre mineração e fornecedores de soluções

Países nórdicos

Recursos naturais formaram a base industrial de muitos países, em diferentes continentes. A Austrália, o Canadá e os Estados Unidos devem muito

4 No início da década de 1980, a ideia de sistemas de inovação amadurecia no trabalho de alguns economistas dedicados ao estudo de inovação, com destaque para Christian Freeman (Reino Unido), Richard Nelson (Estados Unidos) e Bengt-Åke Lundvall (Dinamarca). Tais sistemas se referem ao conjunto de instituições e de organizações públicas e privadas que contribuem para o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias. A perspectiva de que esses elementos estão localizados, ou mesmo enraizados, dentro das fronteiras de um país levou à definição de *sistemas nacionais de inovação*, e a percepção de que há grande variação de atores e instituições relevantes nas diferentes atividades econômicas resultou na definição de *sistemas setoriais de inovação*.

de suas trajetórias de desenvolvimento aos recursos naturais. Menos conhecido, apesar de tão ou mais importante quanto, foi o papel dos recursos naturais na trajetória de desenvolvimento dos países nórdicos, onde tanto as florestas quanto os minérios desempenharam funções de primeira importância. A mineração foi um elemento de destaque para pelo menos três países nórdicos: a Finlândia, a Noruega e a Suécia.

A exploração de riquezas minerais nessa região teve início ainda no século XIII, com a extração de prata, cobre e ferro na região central da Suécia. No século XVI, teve início a exploração das primeiras minas voltadas para o mercado internacional, incluindo a situada em Falun, que seria a maior produtora de cobre do mundo por mais de dois séculos, até 1830. Os depósitos da Noruega eram menores do que os da Suécia, mas tanto a prata quanto o cobre eram extraídos das minas do país já no século XVII.

A Suécia e a Noruega estabeleceram uma forte ligação entre a indústria de mineração e a indústria florestal, como forma de suprir a carência de carvão. A utilização de recursos das florestas para o desenvolvimento da atividade industrial de fundição constituiu um estímulo importante ao desenvolvimento florestal. A produção industrial de madeira nesses países teve início no século XVII, posta em movimento pelas companhias mineradoras, nas proximidades de seus centros de mineração e de produção de metais. Essa conjunção foi fundamental para garantir a esses países a liderança no mercado europeu de ferro durante o século XVIII e para se tornar a força propulsora do desempenho exportador das empresas da região.

O desenvolvimento da indústria de engenharia,⁵ no final do século XIX, está bastante relacionado às indústrias de minério e de metais. Existiu tradicionalmente um grau de cooperação elevado entre empresas envolvidas em diferentes estágios dos processos de extração e manufatura.⁶ A indústria de máquinas e equipamentos para mineração dos países nórdicos se desenvolveu visando a atender os mercados nacionais, que nunca foram grandes em escala mundial,⁷ mas eram bastante diversificados. Essa diversificação

5 A indústria de engenharia lida principalmente com o desenvolvimento de projeto, fabricação e operação de estruturas, máquinas e aparelhos e envolve setores como a indústria civil, mecânica, química e eletroeletrônica (www.economywatch.com/world-industries/engineering/).

6 *Engineering and Mining Journal*, 2001.

7 O maior país nórdico é a Suécia, cuja população alcança 9 milhões de habitantes, inferior à população do estado do Paraná ou de Portugal. Os demais países nórdicos aqui referidos possuem populações abaixo de 5 milhões, números que estão entre os do Paraguai e do Uruguai ou entre as populações dos estados de Goiás e da Paraíba.

é fruto das próprias ocorrências minerais e do contexto no qual foram exploradas ou, de modo mais apropriado, desenvolvidas. As minas descobertas e exploradas nos países nórdicos possuíam baixos teores, e os territórios nos quais ocorreram eram pobres em termos energéticos.⁸ Essas duas circunstâncias condicionaram o desenvolvimento da atividade.

Por um lado, os baixos teores associados às jazidas minerais ajudaram a criar estímulos para o desenvolvimento de soluções adequadas à sua exploração, adaptadas às condições nas quais ocorriam. Por outro, uma vez que os rendimentos materiais da exploração eram relativamente reduzidos ou demandavam investimentos elevados, a forma de aumentá-los era estabelecer atividades a jusante, capazes de criar novos produtos ou de melhorar o rendimento dos processos existentes.

Dessa situação decorre o estabelecimento de conexões mais fortes e dinâmicas com duas outras atividades, ligadas à produção de energia: as florestas e o aproveitamento dos recursos hídricos. Esses fatores deram estímulo ao desenvolvimento de um sistema de geração e transmissão de energia elétrica, bem como fomentaram investimentos em equipamentos elétricos e o desenvolvimento de uma indústria doméstica de engenharia eletrotécnica. Na primeira metade do século XX, novos motores e equipamentos elétricos foram centrais para a difusão de bens de capital produzidos localmente. Um efeito semelhante foi causado por equipamentos eletrônicos após a década de 1980.⁹

Os campos de conhecimento e as aplicações industriais adjacentes à engenharia elétrica formaram, desde então, a espinha dorsal da industrialização dos países nórdicos. Essa base de conhecimentos permitiu que, ao longo do século XX, esses países conseguissem desenvolver competências variadas que tornaram possível a diversificação da economia. Houve uma combinação muito forte e dinâmica das indústrias de recursos naturais com as de bens de capital, de produtos de engenharia e de equipamentos de transporte, que mais tarde também ajudariam a desenvolver a transição para as tecnologias de informação e de comunicação e vários serviços industriais.¹⁰

8 Uma afirmação que apenas seria modificada nos anos 1960, com a descoberta do petróleo e do gás no mar do Norte.

9 Schon, 2000.

10 *Idem, ibidem*, Blomström & Kokko, *op. cit.*

Um resultado fundamental desse processo é a estruturação de uma base industrial sólida nas atividades correlatas à mineração, que ultrapassaram em importância as suas atividades de origem. Embora as atividades de mineração tenham reduzido sua importância relativa, em especial após o fechamento de minas relevantes em meados dos anos 1970, a indústria de equipamentos e serviços industriais continua tendo um grande peso na economia nórdica. Ela permanece uma respeitável fonte de produção industrial e de exportações, de empregos e de internacionalização (com investimentos em outros países) das economias nacionais. Na base dessa trajetória, como elemento dinamizador, está um esforço tecnológico consistente que alimentou um fluxo de inovações relevantes para a indústria mineral em base mundial.

A pujança e a diversificação tecnológica das companhias sediadas nesses países podem ser caracterizadas com alguns exemplos. A LKAB, fundada em 1890 na Suécia, iniciou suas atividades na exploração de minério de ferro, uma área ainda importante para a empresa. Com o tempo, diversificou sua base tecnológica, mantendo a mineração como alicerce. Hoje, além de ser importante fornecedora de minério de ferro para a indústria de aço da Suécia e da Finlândia, fornece produtos minerais adaptados às necessidades dos diferentes usuários¹¹ e outros produtos e serviços tecnológicos para a indústria de mineração, tais como sistemas de perfuração e estudos e análises de aço para a indústria siderúrgica. Em 2011, a LKAB foi a nona empresa que mais exportou na Suécia.

A Outokumpu, fundada em 1910 na cidade finlandesa de mesmo nome, experimentou um processo de transformação ainda mais acentuado, evoluindo de uma empresa de mineração e de metais diversos para se tornar um dos principais produtores mundiais de aço inoxidável, além de importante fornecedora de tecnologia para plantas de cobre e zinco para produção de alumínio. Ainda hoje mantém a posição de importante prestadora de serviços tecnológicos e de engenharia para as indústrias de mineração e de siderurgia.

Dos fornecedores nórdicos de máquinas, equipamentos e ferramentas, ao menos três merecem destaque: as suecas Atlas Copco e Sandvik e a finlandesa Metso. A Atlas Copco foi fundada em 1873, como AB Atlas, e

11 A empresa busca desenvolver produtos em colaboração com clientes, por meio de serviços técnicos nos processos produtivos dos clientes ou usando seus altos-fornos experimentais.

era voltada à produção de materiais e de equipamentos para a construção e a operação de ferrovias. Na virada do século, passou a produzir motores a vapor e máquinas-ferramenta e, pouco mais tarde, entrou no segmento de compressores e máquinas de ar comprimido. Atualmente, seus produtos e serviços vão desde compressores de ar e gás, geradores, equipamentos de construção e mineração, ferramentas industriais e sistemas de montagem até serviços associados à pós-venda e ao aluguel de máquinas.

A Sandvik foi fundada em 1862 por Göran Fredrik Göransson, a primeira pessoa no mundo a ter êxito no uso do método Bessemer¹² de produção de aço em escala industrial. Desde sua fundação, a empresa desenvolveu uma base de conhecimento em tecnologia de materiais que a levaram à fabricação de diversos produtos, como a broca de aço para perfuração de rochas, rodas para vagões e locomotivas e eixos de hélice para barcos a vapor. Essas aplicações distintas de uma mesma base de conhecimento e plataforma de tecnologia foram algumas das especialidades da empresa e os produtos dominantes nos seus primeiros anos de existência. Hoje, a Sandvik é um grupo de engenharia de alta tecnologia, e seus principais segmentos de negócio são aços avançados inoxidáveis, ligas especiais e titânio, soluções em metal duro, fornos e soluções para aquecimento, serviços para fabricação de equipamentos e materiais para uso médico-hospitalar, equipamentos e ferramentas para mineração e construção, cintas de aço e sistemas de processamento.

A Metso Corporation nasceu da fusão, em 1999, entre as empresas finlandesas Valmet (fundada em 1946) e Rauma (criada em 1942). A primeira nasceu vinculada à indústria madeireira e de serralheria, e a segunda – um conglomerado estatal privatizado em 1996¹³ – fabricava um amplo leque de produtos, incluindo navios, aviões, armas, locomotivas, tratores, motores marítimos, elevadores e equipamentos para a indústria de papel e de celulose. No entanto, as raízes da empresa podem ser consideradas muito mais antigas, dado que pelo menos quatro das empresas que foram incorporadas ao longo

12 Ver nota 10 do cap. 1.

13 Em muitos países desenvolvidos, sobretudo na Europa, diversas empresas estatais foram criadas a partir da incorporação (por estatização) de ativos industriais ameaçados de desaparecimento pelas pressões da concorrência ou pela incapacidade de conciliar perspectivas competitivas com relações de trabalho conflituosas. Isto ocorreu, sobretudo, nos anos 1970, numa fase que poderia ser caracterizada como *hiper-keynesianismo*, ou seja, com forte intervenção do Estado na atividade econômica.

dos anos começaram suas atividades no século XIX. A empresa se destaca no cenário global atual fornecendo tecnologia e serviços para mineração, construção, geração de energia, petróleo e gás, reciclagem, papel e celulose.

Embora a AB Volvo tenha sido fundada em 1915, como uma subsidiária da também sueca AB SKF, a origem da Volvo Construction Equipment (VCE) remonta à primeira metade do século XIX. Essa história começou em 1832, quando a cidade de Eskilstuna demandou do engenheiro Theofron Munktell (que já era famoso por ter inventado a primeira prensa móvel da Suécia, em 1830) o estabelecimento de uma oficina de engenharia para desenvolver a indústria mecânica local. Esse empreendimento, que viria a ser a Munktells Mekaniska Verkstads Aktiebolag, era especializado em prensas e máquinas operatrizes, como tornos, furadeiras, prensas de forjamento e máquinas de trituração. Em 1853, foi responsável pela construção da primeira locomotiva da Suécia, desenvolvimento seguido pela produção do primeiro rolo compressor (em 1906) e do primeiro trator agrícola do país (em 1913).

Em 1932, a empresa se fundiu com a Bolinder, grande fabricante de motores marítimos que detinha cerca de 80% do mercado mundial, dando origem à Bolinder-Munktell. A AB Volvo adquiriu a Bolinder-Munktell em 1950, dando início ao que, em 1995, seria a VCE, uma das mais importantes fabricantes de pás carregadeiras de rodas, escavadeiras hidráulicas de rodas e esteiras, caminhões articulados, motoniveladoras, retroescavadeiras, minicarregadeiras, miniescavadoras, assentadores de tubos, equipamentos de demolição, manipuladores de lixo e caminhões raspadores.

A partir de um produto ou de uma atividade pontual, todas essas empresas nórdicas foram capazes de incorporar novos produtos industriais ou processos de fabricação. A partir de um núcleo de competências (industriais, tecnológicas e de mercado), foram expandindo seu leque para outras áreas, mais ou menos adjacentes, pondo em movimento seu processo de diversificação. Esses casos, sistematizados na tabela 1, na próxima página, revelam ao menos dois padrões segundo os quais a indústria de recursos minerais foi dividindo espaço com atividades industriais diversas.

Por um lado, observou-se o desenvolvimento de uma indústria de máquinas, equipamentos e serviços industriais, que foi se tornando um núcleo industrial da economia desses países. Essa progressão foi relativamente autônoma em relação à origem das empresas, relacionadas a atividades minerais ou de outros recursos naturais em seu país ou região específica.

Tabela 1 – Empresas nórdicas de equipamentos para a indústria de mineração e afins

Empresa	Fundação	Atividade original	Relações com a mineração	Faturamento (US\$ milhões) ⁽¹⁾	Empregados ⁽¹⁾	Patentes ⁽²⁾
LKAB	1890	Exploração de minério de ferro	Sistemas de perfuração e estudos e análises de aço	4.087	41.190	8
Outokumpu	1910	Mineração e metais	Tecnologia para produção de alumínio (plantas de cobre e zinco)	5.951	166.490	1.017
Atlas Copco	1873	Materiais e equipamentos para construção e operação de ferrovias	Compressores de ar e gás, geradores, equipamentos de construção e mineração	13.717	398.110	1.589
Sandvik	1862	Máquinas e ferramentas	Equipamentos e ferramentas para mineração e construção, cintas de aço e sistemas de processamento	14.929	487.420	2.466
Metso Corporation	1942	Indústria madeireira, conglomerado industrial	Tecnologia e serviços para mineração	9.840	302.120	5.376
AB Volvo / VCE	1915	Máquinas e ferramentas	Máquinas, equipamentos e veículos de grande porte para mineração	9.500	100.000	3.988 ⁽³⁾

⁽¹⁾ Fonte: Wharton Compustat Global, 2012.⁽²⁾ Fonte: Thomson Reuters – Derwent Innovations Index, 2013.⁽³⁾ Referentes apenas à AB Volvo.

Mais que isso, esse núcleo industrial se tornou um segmento competitivo em nível mundial, baseado no desenvolvimento de soluções inovadoras reconhecidas e aplicadas de forma global.

Por outro, a evolução sobre uma base de conhecimentos técnico-científicos comuns foi o elemento central do desenvolvimento e da capacitação em indústrias complementares e convergentes, que vão desde outras aplicações industriais a uma sólida indústria de telecomunicações¹⁴. O processo de fusões e aquisições que deu corpo e capacidade competitiva a muitas dessas empresas também demonstra a formação de estruturas mais diversificadas e integradas, capazes de resistir às flutuações pontuais de mercados específicos e de desenvolver mecanismos econômicos de competências dotadas de sinergia.¹⁵

Estados Unidos

Ao longo do século XIX, a principal fonte de riqueza dos EUA era seu setor agrícola. Muito embora o país tivesse uma economia bastante diversificada (e integrada), as exportações dependiam do setor agrícola. Ao longo de quase todo o século XIX, as exportações de manufaturados representaram em torno de 20% do total exportado, mas pesavam 50% nas importações.

No intervalo de umas poucas décadas, ocorreu uma acentuada mudança na estrutura de produção dos EUA, e o setor industrial se tornou a base da sua competitividade internacional. Mais do que isso, esse processo se assentou na produção e na exportação de produtos manufaturados de origem principalmente mineral, com destaque para o ferro e o aço. Esses produtos permitiram a transformação de uma economia dependente de importações de artigos industriais em um país com forte superávit comercial desses itens.

A emergência dessa nova capacidade exportadora esteve associada à descoberta e à abertura de uma nova província mineral no estado de

14 Um exemplo é a Nokia, fundada em 1865 por Fredrik Idestam, que começou como fábrica de papel, nas margens do rio Nokianvirta. Entre 1865 e 1967, a Nokia já era uma das maiores forças industriais da Finlândia, mas foi a fusão com uma companhia de cabos e uma empresa de borracha, criando a Nokia Corporation, que colocou a empresa no mercado dos produtos eletrônicos, onde desempenhou um papel pioneiro no desenvolvimento da telefonia móvel (www.nokia.com/about-nokia/company/story-of-nokia/nokias-first-century).

15 É possível classificar a fusão, em 1988, da ASEA (sueca) com a Brown-Boveri (suíça) para formar a maior empresa de bens de capital do mundo como o exemplo mais significativo desse processo, que teve inúmeras ocorrências, antes e depois.

Minnesota, em 1892. A imensa oferta na mina de Mesabi ocasionou uma redução pronunciada dos preços (em torno de 60%, num curto intervalo de cinco anos). Esse enorme choque de oferta, facilitado pelo elevado teor dos depósitos e pela facilidade de sua exploração, ocasionou mudanças significativas nos preços relativos e nas oportunidades de investimento nas atividades capazes de aproveitar esses volumes e preços. Os volumes exportados de ferro e aço foram multiplicados por seis, e houve um crescimento notável no volume de muitos produtos fabricados com esses minerais.¹⁶

A expansão articulada dos vários polos de crescimento da economia dos Estados Unidos somou forças com essa nova capacidade de produção e de exportação propiciada pela disponibilidade de recursos básicos, ocasionando ganhos de escala, de produtividade e de sinergias tecnológicas. De modo articulado, com participação de muitas instituições e de muitos setores, esses fatores contribuíram de modo decisivo para a ascensão dos EUA à condição de potência emergente, com bases competitivas vigorosas.

Até o final do século XIX, quase todo o carvão e o mineral metálico extraído nos EUA provinham de minas subterrâneas.¹⁷ No caso dos minerais metálicos, depósitos de elevada gradação na superfície eram raros, e a falta de conhecimento sobre processos de concentração tornavam os depósitos de baixa gradação existentes inutilizáveis. Mesmo que tais processos existissem, não existiam os equipamentos necessários para remover uma elevada quantidade de carga pesada. Como havia oferta de minerais em nível adequado nas minas subterrâneas, a falta de equipamentos não foi um fator inibidor do desenvolvimento da indústria.

A indústria de máquinas e equipamentos para mineração nos EUA sofreu forte impulso nos últimos anos do século XIX e na primeira década do século XX. Conforme os depósitos porfiríticos de cobre foram se esgotando, a gradação média do minério foi se reduzindo, e as dimensões das minas, aumentando. Para obter a mesma quantidade de metal nesse novo cenário, era preciso remover uma quantidade de rochas de duas a quatro vezes maior

16 “Exports of all iron and steel products increased sharply in these five years. The largest single category was machinery, which included engines, electrical machines, sewing machines, typewriters, cash registers, printing presses, etc. Other prominent categories included steel rails, pipes and fittings, wire, tools, locks and hinges, billets, and structural iron and steel. Europe and North America were the most important destinations for these exports” (Irwin, 2000, pp. 5-6).

17 Esta seção está em boa parte baseada nas obras de Haddock (1998) e Haycraft (2002).

do que nas minas subterrâneas tradicionais. A descoberta de depósitos de minério de ferro em Minnesota e a introdução do processo Bessemer – que permitiu a exploração de reservas de baixa concentração de cobre – ajudaram a impulsionar o desenvolvimento de técnicas e equipamentos para extração de superfície, como escavadeiras a vapor e vagões de trem.

A evolução da indústria de equipamentos intensivos em capital dedicados, grosso modo, a mover enormes quantidades de terra e de material rochoso estava limitada por duas restrições que a tecnologia existente até o fim do século XIX não era capaz de contornar: fonte de energia e falta de mobilidade. Os motores a vapor forneciam energia, mas eram pesados demais, e as rodas de ferro da época não propiciavam a mobilidade necessária para os veículos de grande porte – em especial nas condições nas quais eles eram utilizados.

A combinação do motor a combustão interna com o trator de esteiras, em 1908, foi um passo enorme para resolver ambos os gargalos. A rápida difusão desse tipo de motor, a partir da última década do século XIX, representou uma oportunidade de aplicação no segmento de tratores, que até então haviam tido sua evolução limitada por empecilhos técnicos impostos pelo emprego de motores a vapor. Em 1921, havia 186 fabricantes de tratores nos EUA. No entanto, a introdução da linha Fordson pela Ford, em 1917, representou uma grande mudança na indústria. Baseado na linha de produção em massa e, portanto, com um preço muito mais baixo que os competidores, o produto causou uma verdadeira devastação no mercado. Em 1921, a Ford tinha um terço do mercado de tratores dos EUA, participação que aumentou para impressionantes 76% em apenas dois anos. O efeito Fordson, somado aos desdobramentos da crise econômica de 1929, causou uma abrupta reestruturação na indústria de tratores e, por volta de 1930, havia apenas 38 fabricantes na América do Norte.

A indústria de mineração só demandaria avanços no campo dos grandes equipamentos com mais força após a Primeira Guerra Mundial. Havia urgência em reduzir os custos por tonelada, caso contrário, muitas minas precisariam ser fechadas. Adaptações no motor a *diesel* e a combinação de rodas pneumáticas com raspadeiras, no início dos anos 1930, propiciaram um grande salto tecnológico. A Caterpillar foi a primeira empresa a introduzir motores a *diesel* em tratores, no ano de 1931. Por apresentarem queima de combustível mais lenta, sua rotação máxima era bem mais baixa do que a dos motores a gasolina, o que acabava limitando sua potência específica.

Mas era o funcionamento em regimes baixos que lhe dava vantagem nos veículos pesados, pois seu torque máximo surgia bem cedo. O menor torque e a menor potência eram compensados por uma cilindrada maior e uma superalimentação. Esse desenvolvimento teve um grande impacto positivo nas vendas da companhia.

Mais ou menos na mesma época, começaram a surgir caminhões de porte mais elevado, que progrediram graças a alternativas eficientes de propulsão e a avanços nos pneus. Até então, era necessária uma infinidade de veículos para carregar as toneladas diárias resultantes de um grande empreendimento minerador e, além disso, as escavadeiras em uso eram grandes demais para caminhões tão pequenos.

O tamanho dos caminhões cresceu de forma veloz após a Segunda Guerra Mundial. O emprego de múltiplos eixos traseiros paralelos permitiu que a capacidade alcançasse 50 toneladas em 1953. Ao final da década de 1950, o uso de pneus maiores permitiu que caminhões de apenas dois eixos carregassem esse volume de carga, enquanto os de múltiplos eixos conseguiam transportar 70 toneladas de carga. Porém, a mudança mais radical ocorreu na primeira metade dos anos 1960, com a introdução de caminhões de 85 toneladas, movidos a *diesel* e eletricidade, dois eixos combinando alta potência com um novo estilo de corpo em forma de V.

Essa inovação foi rapidamente aceita pelas companhias mineradoras, pois proporcionava as reduções de custos que procuravam, e passou a ser empregada nas minas que ainda utilizavam trilhos para o transporte. Conforme pneus maiores e motores mais potentes se tornavam disponíveis no mercado, o tamanho dos caminhões ia crescendo, alcançando uma capacidade de mais de 300 toneladas. Os equipamentos de escavação também apresentaram crescimento proporcional e, desde 1970, grandes escavadeiras hidráulicas passaram a tomar o lugar das tradicionais, operadas por cabos. A resposta dos fabricantes de equipamentos às necessidades da indústria de mineração após os anos 1950 tem grande participação na capacidade atual das mineradoras de extrair minérios que, até não muito tempo atrás, eram considerados inviáveis do ponto de vista econômico.

Atualmente, a principal empresa fabricante de equipamentos para construção e mineração dos EUA é a Caterpillar. Assim como outros importantes fornecedores de bens de capital para a indústria de mineração e de construção – como a International Harvester, a J. I. Case, a Deere, a

Allis-Chalmers e a Massey-Fergusson –, a Caterpillar teve seu início na produção de equipamentos agrícolas. A origem da empresa remonta ao final do século XIX, com a fundação da Stockton Wheel Company, em 1883, e sua sucessora, a Holt Manufacturing Company.

O primeiro trator desenvolvido pelo fundador da empresa, Benjamin Holt, data de 1904, quando um modelo experimental movido a vapor foi testado com sucesso. Embora Holt não tenha sido o inventor dos tratores de esteiras, foi ele quem desenvolveu aplicações práticas de princípios conhecidos, sendo o primeiro a ter sucesso na comercialização desses produtos – cerca de dois anos após os testes e sob a marca que viria a ser o nome da companhia no futuro: Caterpillar. No entanto, a essa época Holt já tinha em mente as vantagens dos motores movidos a combustão interna em relação aos propulsores a vapor. Tanto que, ainda em 1906, organizou a Aurora Engine Company para desenvolver e construir motores a gasolina e, em 1908, começou a comercializar tratores de esteiras movidos a esse combustível.

O período entre a introdução dos tratores movidos a gasolina, em 1908, e o início da demanda oriunda da Primeira Guerra, em 1916, foi de grande crescimento para a empresa. Estava ficando cada vez mais claro que os tratores de esteiras tinham grande potencial para usos não agrícolas, incentivando a empresa a ir além do seu campo tradicional. Na década de 1930, a transição além da agricultura já estava completa, e o segmento de construção passou a ser o principal mercado da empresa.

Desde a década de 1950, a Caterpillar foi sendo orientada ao desenvolvimento de equipamentos de grande porte. A indústria de construção e mineração demandava esse tipo de equipamento, e seus competidores vinham conquistando cada vez mais posições nesses mercados. A indústria de mineração sempre foi de interesse secundário para a companhia. Embora tivesse obtido sucesso fornecendo tratores e niveladoras para mineração, esses equipamentos auxiliares correspondiam a uma pequena parcela das compras da indústria, que eram concentradas em equipamento de produção, caminhões pesados e escavadeiras.

A introdução de um caminhão com capacidade de 35 toneladas, em 1963, pouco fez para mudar esse cenário, pois era muito pequeno comparado às necessidades dos grandes empreendimentos mineradores. Reconhecendo a oportunidade, a Caterpillar começou um programa de desenvolvimento de caminhões de grande porte ainda na década de 1960.

Em 1967, a empresa começou a produzir um modelo elétrico de 75 toneladas. Seguindo a tradição de produção altamente integrada, os componentes elétricos eram desenvolvidos e fabricados pela própria empresa. O veículo, no entanto, não fez sucesso no mercado. Em 1968, a Caterpillar introduziu uma carregadeira de 10 metros cúbicos de capacidade que foi bem aceita, assim como o caminhão de 55 toneladas, introduzido em 1970. No mesmo ano, a empresa tentou entrar de novo no segmento de caminhões pesados para mineração, com um modelo de 85 toneladas.

Ainda forçando uma entrada no mercado de caminhões, a companhia lançou um modelo de 135 toneladas em 1985, seguindo o modelo que havia se tornado padrão na indústria por volta de 1965. Embora esse produto tenha demonstrado desempenho satisfatório, a Caterpillar continuava a enfrentar dificuldades para ganhar aceitação no segmento. No entanto, esse caminhão foi um passo importante para a empresa se tornar uma das principais fornecedoras de equipamentos para minas de grande porte.

Em um movimento para acelerar o desenvolvimento de veículos pesados para a indústria de mineração, a Caterpillar estabeleceu o Centro de Veículos Mineradores, em 1987. Esse centro, localizado na planta de Illinois, contava com equipe própria de engenheiros para centralizar o desenvolvimento de todo tipo de equipamento pesado para a indústria. Em 1991, o centro foi responsável pelo lançamento de um caminhão de 240 toneladas e, em um período de seis anos, a Caterpillar já havia conseguido eliminar a defasagem de capacidade com relação aos líderes da indústria. Mais ou menos na mesma época, foi desenvolvida uma carregadeira de 23 metros cúbicos que rapidamente conquistou a liderança de mercado e, em parceria com um grupo europeu, a companhia lançou um modelo de escavadeira hidráulica apta a competir com os líderes Hitachi, O&K, Demag, Liebherr e P&H.

Em resumo, o caso dos EUA e da Caterpillar demonstra que desenvolvimentos em indústrias e tecnologias paralelas, como motores, transmissão e materiais, proporciona novas oportunidades para atender às demandas crescentes da indústria de mineração. Se, no início, a indústria foi beneficiada pelo conhecimento adquirido produzindo equipamentos para o setor agrícola, sobretudo tratores, o aprendizado coletivo gerado no âmbito da indústria automobilística local levou a importantes iterações de conhecimento e tecnologias com a indústria de máquinas e equipamentos.

Alemanha

A indústria de mineração continua sendo importante na Alemanha, embora não mais tenha o papel-chave que desempenhou tanto no século XIX quanto no período de reconstrução após a Segunda Guerra Mundial. O país depende de importações de carvão, minerais e metais, mas é o maior produtor de lignito, o segundo maior de caulinita de feldspato, o terceiro em xisto betuminoso, o quarto em potássio e o sexto em betonita. Além disso, está entre os vinte maiores produtores mundiais de carvão de coque, antracito, enxofre, grafite, barita e fluorita.¹⁸

A Alemanha tem uma posição destacada na indústria de engenharia e no segmento de equipamentos para mineração. A tecnologia alemã tem grande tradição e foi desenvolvida para superar as difíceis condições geológicas das minas de carvão nas regiões de Ruhr, Saarland e Ibbertbüren.¹⁹ Um dos principais elementos que sustentam o sucesso dos fabricantes alemães de equipamentos para mineração subterrânea é a capacidade comprovada de seus produtos para extrair carvão e minerais de forma eficiente e segura em condições de mineração de diferentes graus de dificuldade. Para reduzir os custos de mineração sob essas restrições geotécnicas, os operadores e seus fornecedores têm-se centrado na mecanização progressiva e, mais recentemente, na automação, em especial em minas de carvão.²⁰

Por outro lado, a geologia dos depósitos minerais da Alemanha também deu origem a distintos sistemas de mineração de superfície e à manufatura dos equipamentos necessários. As tecnologias e os equipamentos para mineração contínua de depósitos de lignito, mineração semicontínua de depósitos menores e tipicamente mais finos de carvão, minério de ferro, calcário e vários minerais industriais, além de mineração seletiva de depósitos de imersão em poços abertos usando escavadeiras hidráulicas fazem parte da gama de competências dos fabricantes locais de bens de capital.²¹ Embora os desenvolvimentos tecnológicos para mineração tanto subterrânea quanto de superfície tenham suas raízes no setor extrativo doméstico,

18 *Engineering and Mining Journal*, 2008.

19 Jochums, 2008.

20 Casteel, 2010a.

21 *Idem*, 2010b.

cerca de 85% das receitas dos fabricantes alemães são oriundas de exportações²². Esse desempenho impressionante ajuda a demonstrar a habilidade que essa indústria teve de conquistar novos mercados a partir de uma base de conhecimentos gerados localmente.

Hoje a indústria de máquinas e equipamentos para mineração assumiu uma dinâmica quase autônoma com relação à indústria de mineração local. *Quase* porque ainda é um importante indutor do progresso técnico não só nas atividades de mineração remanescentes, mas também na indústria de processamento mineral. Para esta última, as demandas ambientais têm proporcionado avanços notáveis em tecnologias limpas para o processamento e dessulfurização do carvão e no desenvolvimento de competência em instalações de reciclagem para construção, vidro e lixo eletrônico.

Uma característica da indústria alemã de máquinas e equipamentos para o setor de mineração é o papel significativo desempenhado por pequenas e médias empresas.²³ Um exemplo é a JD Neuhaus (JDN), fundada em 1745 como uma oficina de guinchos. Esses guinchos foram cada vez mais utilizados em minas de carvão na região do Ruhr e, em torno de 1880, eram capazes de movimentar cargas de até 7,5 toneladas. Conforme a qualidade dos materiais foi melhorando, os produtos da JDN foram se tornando mais compactos, atingindo um desempenho mais alto e sendo aplicados em diversos novos mercados. O elevador com motor de palhetas movidas a ar comprimido, introduzido em 1952, representou um avanço decisivo para a indústria de mineração subterrânea, tornando o trabalho mais eficaz, econômico e seguro. A empresa produz e comercializa hoje uma ampla gama de guinchos hidráulicos e a ar, bem como carros para transporte de cargas suspensas.

A Schade, fundada em 1879 em Dortmund, começou fabricando portões de ferro forjado, vagões de trem para transporte de carvão – nos quais foi pioneira – e outras construções de aço. Com o crescimento das minas de carvão, a companhia passou a atuar no desenvolvimento e na fabricação de máquinas e equipamentos para essa indústria.

Há ainda um número considerável de grandes empresas que assumem papel de destaque nesse segmento da indústria alemã de bens de capital,

22 *Engineering and Mining Journal*, 2008.

23 *Idem*, 2007.

como a Liebherr, fundada em 1949 no município de Kirchdorf an der Iller. Essa empresa, que iniciou suas atividades produzindo guindastes, expandiu sua linha de produtos para peças de aeronaves e eletrodomésticos, como geladeiras. Hoje, é um importante fornecedor de peças de aviões para a Airbus SAS e produz algumas das maiores ferramentas de escavação e de mineração do mundo, como carregadeiras, escavadeiras e caminhões basculantes.

Canadá

O Canadá é um país com larga tradição mineradora, e suas atividades relacionadas à descoberta e à extração de recursos minerais datam de meados do século XIX, nas províncias de Ontário e Quebec. A história do desenvolvimento da indústria de mineração canadense passa pelas empresas Inco (International Nickel Company of Canada Ltd.) e Falconbridge, estabelecidas na província de Ontário ainda no começo do século XX.²⁴ Desde o início, essas empresas se destacavam por sua conduta tecnológica frente à solução de problemas que enfrentavam nas suas diversas operações – que envolviam exploração, beneficiamento, refino e fundição.²⁵

O desenvolvimento da indústria de máquinas e equipamentos para a mineração também está relacionado à trajetória dessas duas grandes empresas. Durante muito tempo, elas tiveram departamentos para desenvolver equipamentos, partes e serviços para várias de suas atividades, em especial as de extração e de processamento. À medida que foram pressionadas por ciclos de baixo preço dos minérios, buscaram elevar sua eficiência econômica externalizando essas e outras atividades que não faziam parte das competências centrais da empresa. Esse processo de *outsourcing* e *spin-offs* foi o grande responsável pelo surgimento e pela consolidação do *cluster* de Sudbury.²⁶ O *cluster* foi uma evolução gradual, mas gerou uma cadeia

24 Em 2006, a Inco foi adquirida pela empresa brasileira Vale (à época Vale do Rio Doce), e a Falconbridge, pela suíça Xstrata.

25 IDRC, 2006.

26 O *cluster* de Sudbury congrega uma série de empresas envolvidas em diversos estágios da cadeia mineradora, incluindo extração, processamento, fundição e refino, além de empresas de base metal-mecânica e de uma ampla gama de fornecedores de máquinas, equipamentos e serviços para a indústria de mineração.

de fornecedores diversificada e dinâmica que consegue ser competitiva e inovadora local e internacionalmente.²⁷

A amplitude e a diversidade dos empreendimentos relacionados à cadeia de mineração no Canadá permitiram a convivência de grandes empresas de máquinas e equipamentos relativamente diversificadas (como a Mining Technology International e a Dux Machinery) com um elevado número de pequenas e médias empresas ocupando nichos de produtos, tecnologias e serviços específicos.²⁸ A longa história de exploração da mineração dotou o Canadá de um elevado nível de competências e conhecimentos geológicos. Essa experiência tem se traduzido no desempenho de algumas empresas canadenses que estão na vanguarda da exploração mineral e, junto de seus fornecedores de apoio, destacam-se nos investimentos em exploração, desenvolvimento de minas e produção de recursos. E esse esforço tem se expandido além das fronteiras locais.

O surgimento de várias empresas produtoras de instrumentos de prospecção, assim como de *softwares* e de outros equipamentos relacionados, constitui um dos mais importantes legados da mineração no Canadá. Isso é resultado da combinação de conhecimentos especializados em reconhecimento aéreo em geociências e informática com uma longa trajetória de estudos geológicos, muitas vezes financiados com recursos públicos, sob a rubrica dos investimentos em ciência e tecnologia.²⁹ Nas últimas duas décadas, a indústria canadense de exploração e de desenvolvimento de minas tem se expandido globalmente, impulsionando o crescimento externo de outros segmentos da indústria de bens de capital local. Isso porque empresas que forneciam bens e serviços a essas empresas no Canadá têm adotado a estratégia de seguir seus clientes em suas atividades internacionais.³⁰

O sucesso no mercado consolidou o Canadá como um dos principais exportadores de habilidades e de serviços para mineração.³¹ Há uma variedade de atividades de prestação de serviços que giram em torno das empresas de exploração de minérios, como consultorias geocientíficas (geólogos, geofísicos, geoquímicos e outros), estudos geológicos, serviços

27 Casteel, 2006.

28 Carter, 2011.

29 IDRC, *op. cit.*

30 Casteel, 2006.

31 Ritter, 2001; Carter, *op. cit.*

cartográficos aéreos, obtenção de imagens mediante satélites e teleobservação, gestão de dados, ensaios laboratoriais, perfuração terceirizada e *softwares* de exploração.³²

No entanto, é no segmento de serviços especializados para exploração que o Canadá possui as competências mais significativas, que permitem reduzir os custos e aumentar a eficiência das atividades. Os laboratórios analíticos também são uma parte importante da cadeia de serviços para exploração. Suas análises determinam a quantidade e o valor dos minerais contidos nas amostras de minério cru, e as informações resultantes são fundamentais para determinar se uma descoberta de reservas pode se converter em uma mina técnica e economicamente viável.³³

O segmento de serviços de engenharia, voltados ao projeto, à construção e à aquisição de insumos e materiais para novas minas e plantas de processamento, também possui atividades relevantes no Canadá. Essas empresas utilizam conhecimentos especializados de engenharia em várias esferas, dentre as quais a geologia, a extração e o tratamento de minerais, a hidrometalurgia, a pirometalurgia, a recuperação de subprodutos, o manejo de materiais, a engenharia ambiental e a proteção ao meio ambiente. Existem ainda diversas empresas especializadas em determinados aspectos da construção de minas, como sistemas elétricos, perfuração de poços e construção de sistemas de elevação, de extração mineral subterrânea, de ventilação, de manejo de materiais e de eliminação de água.

O longo acúmulo de competências, somado a uma diversificada gama de fornecedores de bens e serviços para mineração, tem sido responsável por atrair atividades produtivas e tecnológicas de empresas estrangeiras. A sueca Atlas Copco possui uma unidade de produção de produtos para exploração em Toronto e, na década 1990, adquiriu a JKS Boyles e a Hobic Bit Industries. A Murray & Roberts, da África do Sul, envolvida em atividades de engenharia diversas e importante prestadora de serviços para mineração subterrânea, sobretudo no continente africano, adquiriu a Cementation, visando a aproveitar os clientes existentes e os conhecimentos específicos, incluindo a competência em exploração ártica. A *expertise* canadense em pesquisa eletromagnética atraiu a holandesa Fugro, importante empresa

32 Ritter, *op. cit.*

33 IDRC, *op. cit.*

no ramo geotécnico e geocientífico, que efetuou diversas aquisições para acessar competências locais, sobretudo em prospecção geofísica.

Forma-se, assim, um círculo virtuoso entre as empresas e competências locais e as estrangeiras: a existência de competências locais atrai empresas com outras competências, umas e outras se combinam para reforçar o tecido industrial e de serviços, dando força aos alicerces da indústria mineral.

A experiência do Canadá ilustra a capacidade que a indústria local teve de alimentar as demandas tecnológicas da mineração a partir de soluções desenvolvidas localmente.³⁴ Um dos principais pontos fortes da indústria canadense de bens e serviços para mineração é sua concentração geográfica, que favorece a construção coletiva de competências e soluções: 75% dos fornecedores canadenses estão baseados nas províncias de Ontario, Quebec e British Columbia. Essas províncias configuram sistemas produtivos e inovativos locais, onde é possível encontrar empresas de ponta em áreas como laboratórios analíticos, sistemas de comunicação, instrumentação geotécnica, equipamentos de perfuração e manejo, processamento mineral, *software*, detecção de gás e sistemas de ventilação. Mais da metade dessas empresas possuem receitas que derivam 50% ou mais das vendas do setor de mineração, o que aprimora seu dinamismo, sua competitividade e sua competência em inovação.

O Canadá também conta com a participação pública na construção de uma infraestrutura de suporte tecnológico para elaboração de políticas de indução ao aprimoramento técnico da indústria de mineração e outras a ela vinculadas. Essas políticas visam ainda a desenvolver conhecimentos técnicos e científicos que possam ser aplicados além das fronteiras da indústria mineira. Nesse sentido, merecem destaque os consórcios tecnológicos coordenados por agências públicas, que envolvem diversas empresas do país. A Agência Espacial Canadense e o Centro Canadense para Sensoriamento Remoto, por exemplo, desenvolveram um projeto colaborativo envolvendo a indústria local que desenvolveu o Sistema de Mapeamento Geológico e Ambiental (GEM, na sigla inglesa), baseado em tecnologias de informação. Esse sistema foi criado para aplicações na fase de exploração, desenvolvimento, monitoramento ambiental e planejamento de *pipeline*, mas também

34 Conforme destacado por Ritter (*op. cit.*) e Carter (*op. cit.*), a proximidade com os Estados Unidos foi importante nesse sentido, pois representou acesso a conhecimentos científicos e tecnológicos de fronteira.

será usado no planejamento de respostas a desastres naturais, constituindo mais um exemplo dos transbordamentos e das relações da mineração com outras atividades econômicas e sociais.

Austrália

É amplamente reconhecido o papel decisivo que a mineração exerceu no processo de industrialização e desenvolvimento econômico da Austrália.³⁵ Esse desenvolvimento esteve associado a um grande número de empresas, de vários tamanhos, origens e segmentos de atuação, incluindo uma das mais importantes companhias de mineração do mundo nos dias atuais: a BHP. Fundada em 1885, na província de Victoria, a empresa começou extraindo, dois anos antes, zinco, prata e chumbo de depósitos descobertos em Broken Hills e foi diversificando suas operações para incluir manufatura de aço, produção de carvão, petróleo e indústria naval.

A produção mineral na Austrália recebeu forte impulso após a década de 1930, com o abandono de políticas de conservação de recursos naturais. A partir de então, o país foi se consolidando como um dos líderes mundiais em tecnologias de exploração.³⁶ Aliado a isso, houve a expansão internacional da BHP, que adquiriu minas no Canadá e nos EUA, e a *expertise* em exploração e desenvolvimento de minas culminou com a descoberta da principal mina de cobre do Chile dos dias de hoje: La Escondida³⁷.

Poucos países possuem uma indústria de minerais tão diversificada quanto a Austrália. Muitas de suas minas e unidades de processamento estão localizadas em regiões remotas, o que demanda, muitas vezes, um complexo sistema de logística. Além disso, muitos dos seus depósitos são caracterizados por

35 Ferranti *et al.*, 2002; Wright, 2001.

36 Wright, *op. cit.*

37 Localizada ao norte do deserto do Atacama, no Chile, a mina foi descoberta em 1981 pelo geólogo americano David Lowell, entrou em operação em 1990 e é a maior jazida de cobre do mundo. Em 2009, empregava cerca de 2.300 pessoas e produzia 1.245 milhões de toneladas de cobre. Suas reservas são estimadas em 4 milhões de toneladas (incluindo a adição de 1,2 milhão de toneladas do projeto Escondida Norte, um segundo poço localizado a 5 quilômetros do poço principal). Em 2005, após sucessivas fases de expansão, o investimento total na mina aproximava-se de US\$ 4 bilhões. A mina tem um papel significativo na economia do Chile, representando 2,5% do PIB do país. Trata-se de uma operação convencional a céu aberto de processamento de minérios de sulfetos e óxidos. É uma *joint-venture* entre a BHP-Billiton (57,5%), a Rio Tinto (30%), um consórcio japonês (10%) e a International Finance Corporation (2,5%) (www.mining-technology.com/projects/escondida/).

elevada complexidade. Esses fatores são determinantes do desenvolvimento da indústria metalúrgica e de engenharia de minas na Austrália.³⁸

De maneira geral, os fornecedores australianos não produzem muitos equipamentos intensivos em capital se comparados aos principais fabricantes do mundo. No entanto, algumas empresas têm alcançado reconhecimento internacional fornecendo máquinas e equipamentos para mineração, como a Russell Mineral Equipment e a Duratray International. A primeira foi fundada em 1985 e desenvolve soluções em máquinas e equipamentos que vão desde ferramentas mecânicas especiais a sofisticados sistemas mecânicos, hidráulicos e pneumáticos, com controle de precisão e controle eletrônico-computacional. A segunda é uma fornecedora especializada de sistemas de despejo para caminhões de transporte de mineração.

Uma pesquisa conduzida com as principais empresas fornecedoras de tecnologia para indústria de mineração³⁹ mostrou que 80% delas procuravam combinar produtos e serviços em pacotes, como fonte de diferenciação e de vantagem competitiva. A importância dos serviços vem crescendo desde 2001 e, muitas vezes, eles estão incorporados em produtos, como nos treinamentos específicos para máquinas escavadeiras subterrâneas. A consultoria em tecnologia de informação, *software* de engenharia e outros serviços de TI são destaque entre os serviços intensivos em conhecimento. O uso de ferramentas tridimensionais para projetos e simulações tem sido crescente, pois pode representar agilidade e redução de custos.

Diversas empresas australianas têm desenvolvido sistemas especializados voltados à redução de custos nas operações de mineração e vêm adquirindo *expertise* em processamento mineral. A Gekko Systems, por exemplo, possui uma equipe técnica que se especializou em plantas para processamento de ouro, prata, diamantes e estanho. A empresa possui diversas patentes de tecnologias proprietárias,⁴⁰ e seus sistemas visam a combinar o manuseio

38 Fiscor, 2007; Fiscor & Casteel, 2008.

39 Martinez-Fernandez, 2010.

40 Estão registradas 7.909.992 patentes no escritório de patentes dos EUA (USPTO, na sigla em inglês), relativas a um *separation apparatus* "(...) comprising a series of compartments for holding particulate separation material, arranged so as to allow fluid to flow through the compartments in a primary direction from a first compartment in the series to a last compartment in the series, feed means for directing a flow of the fluid into the first of the series of compartments in the primary direction, barrier means for preventing flow of particulate separation material between compartments in the primary direction, and a pumping assembly arranged to pump a mixture of the particulate separation material and the fluid from the first compartment into a recovery stage". Há também 7.743.926 patentes relativas a um *magnetic separation method* "(...) for a mineral feed comprising, a rotatable

eficiente de materiais e a redução de requisitos de projeto em termos de energia, bombeamento e produtos químicos.⁴¹

Outra área na qual as empresas australianas vêm mostrando proficiência é a gestão de projetos nos campos de mineração. Estima-se que 60% das minas no mundo estejam usando sistemas de *software* de gestão criados por companhias da Austrália.⁴² A Runge, fundada em 1977, tinha foco inicial em consultoria geral para a indústria de mineração, sobretudo em estudos de viabilidade. Com o passar dos anos, começou a desenvolver *software* para dar suporte a seus serviços de consultoria e de assistência aos clientes no planejamento dos campos de mineração. Atualmente, conta com engenheiros de minas, geólogos e desenvolvedores de *software* em seu quadro de funcionários para desenvolver e comercializar serviços de consultoria e uma dezena de *softwares* voltados a clientes que operam minas de grande porte e maior complexidade.

A Micromine desenvolve soluções em *software* para indústria de recursos minerais desde 1986 e é uma das líderes mundiais em tecnologia de informação para mineração, destacando-se no fornecimento de soluções integradas para gerir e monitorar cada passo importante nos processos de exploração e mineração. A Mincom é a maior desenvolvedora australiana de *software* para indústrias intensivas em capital (*resource intensive industries*, na definição da empresa) e possui 18 das 20 maiores empresas de mineração entre seus clientes. Seu foco nos últimos anos tem sido a criação de soluções técnicas especializadas para preencher a lacuna entre o controle do ambiente produtivo em tempo real e as centrais de informação, por meio de sistemas de planejamento de recursos. Fundada em 1979 com foco na mineração, a Mincom fornece *software* de gestão de recursos para as indústrias de defesa, de infraestrutura pública, de petróleo e de gás.

A Austrália possui ainda uma importante instituição de pesquisa voltada a diversas indústrias, mas com especial atenção à mineração, a Organização de Pesquisa Científica e Industrial da Commonwealth (CSIRO, na sigla em inglês).

drum having an attraction surface, an inlet for receiving a stream of the mineral feed and directing it past the rotating drum, means for generating a magnetic field to attract magnetic components in the feed to the attraction surface, a first zone for take off of non-magnetic components of the mineral feed, and a second zone for take off of the magnetic components, wherein the magnetic field generating means are adapted to subject the magnetic components to at least one reversal of polarity of the magnetic field as the drum rotates" (www.uspto.gov).

41 Fiscor & Casteel, *op. cit.*

42 Casteel & Fiscor, 2009.

Sua divisão de mineração trabalha com a indústria para otimizar o desempenho dos equipamentos existentes e desenvolver novas tecnologias. O grupo também realiza pesquisas em diversas áreas da ciência emergente, com destaque para o projeto Terra Transparente, uma combinação de tecnologias avançadas de sensoriamento e técnicas digitais de modelagem em três dimensões para geociências que permitem visualizar a crosta da Terra a uma profundidade de um quilômetro ou mais. O objetivo é que essa tecnologia se torne a principal ferramenta de seleção da área de exploração na Austrália a partir do ano de 2020.

O caso da Austrália sugere um processo de aprendizado coletivo, semelhante ao canadense, no qual a existência de uma indústria de mineração de nível global abriu oportunidades de crescimento para diversas empresas especializadas. O país se encontra na vanguarda tecnológica da descoberta de minérios e de tecnologias de processamento. A iniciativa Terra Transparente é um exemplo notável de esforço tecnológico e poderá assegurar à Austrália uma posição de liderança na indústria de mineração, especialmente em segmentos relacionados à prospecção e à exploração mineral.

A extensão dessa experiência tem permitido às empresas australianas de equipamentos, tecnologias e serviços para mineração aplicar esses conhecimentos em outros países e, como resultado, o setor vem aumentando suas exportações.⁴³ Além disso, vem sendo construída uma base de conhecimento com diversas finalidades e aplicações (como as soluções de extração que agridem menos o meio ambiente e as técnicas de fechamento de minas), impulsionando o desenvolvimento de indústrias que possam comercializar seus produtos e serviços em outros mercados além da mineração.

África do Sul

A África do Sul é uma economia baseada em recursos minerais.⁴⁴ Sua indústria tem uma base ampla e diversificada, capaz de conduzir vários aspectos da extração e do processamento, embora tenha particular *expertise* na mineração de níveis profundos e em nichos como os serviços

43 Tedesco & Haseltine, 2010.

44 Walker & Jourdan, 2003; Stilwell *et al.*, 2000.

relacionados ao desenho e ao desenvolvimento da mina, à construção e à engenharia estrutural, à abertura de poços, ao tratamento de minérios, ao controle de processos, aos testes, à fundição e ao refino. O país possui uma considerável porção das reservas mundiais de silicatos de alumínio, cromo, ouro, manganês, vanádio e metais do grupo da platina. Como um todo, o setor de mineração representou 7,9% do PIB da África do Sul em 2005. O país responde, sozinho, por cerca de 80% da produção mundial de platina.⁴⁵

A contribuição da mineração sul-africana para o crescimento econômico é extensiva não só pelas atividades relacionadas ao núcleo mineral, mas também pelos efeitos que provocam sobre a evolução dos outros setores econômicos. No final do século XIX, a descoberta de diamantes e de ouro e sua localização no interior do país, subdesenvolvido e relativamente inacessível, deram impulso à industrialização. Uma vez que o conhecimento científico incorporado nas atividades de extração e de fabricação pode ser adaptado para outros setores, os recursos naturais podem impulsionar o desenvolvimento de outras atividades econômicas.⁴⁶

Inicialmente, o desenvolvimento de um setor de bens de capital e de serviços tanto apoiava quanto dependia da mineração, mas acabou se tornando um setor independente e gerador de riqueza. A necessidade de maquinário pesado e de fornecimento de energia e de mão de obra para extrair e processar depósitos de ouro estimulou uma série de *spin-offs* em diversos setores que estiveram sujeitos, desde os anos 1920 até a década de 1990, ao regime de substituição de importações⁴⁷.

Nessa época, a mineração sul-africana sofreu uma transformação do ouro para o processamento de minerais de maior valor agregado, tornando-se um exportador mundial de minerais processados. Essa transição pode ser atribuída à construção de projetos de investimentos de larga escala (como o Columbus Stainless, o Hillside Aluminium, o Namakwa Sands e o Saldanha Steel) em várias partes do país.⁴⁸ Isso permitiu o desenvolvimento de uma indústria com forte orientação exportadora e a criação de um setor de apoio

45 Walker & Minnitt, 2006.

46 *Idem, ibidem.*

47 Walker & Jourdan, *op. cit.*; Walker & Minnitt, *op. cit.*

48 Walker & Jourdan, *op. cit.*

baseado em infraestrutura, processamento e beneficiamento, que forma a base do crescimento econômico e industrial do país.⁴⁹

O relacionamento entre o setor mineral e seus fornecedores de bens de capital foi impulsionado pela existência de uma base de fornecedores com experiência em projeto e manufatura de produtos e serviços especializados de apoio à indústria de *commodities*, em especial para as indústrias de carvão, ouro e cromo. Além disso, alguns desenvolvimentos macroeconômicos como a liberalização econômica e mudanças legislativas facilitaram a entrada de empresas estrangeiras e fomentaram a criação de novas empresas sul-africanas, que expandiram a demanda local. A demanda internacional pelo diamante, ouro e carvão na África do Sul deu o impulso inicial para o estabelecimento e a expansão de *clusters* locais mineradores, mas a emergência de um setor demandante próximo às minas, que testasse e desenvolvesse novos produtos e processos, ajudou o país a conquistar a hegemonia em platina.⁵⁰

Esse relacionamento foi a base para que a mineração sul-africana passasse de um setor dependente para uma condição em que são criadas novas firmas e geradas riquezas. Embora a indústria mineradora local ainda desempenhe um papel importante na determinação de tendências na oferta de bens de capital, muitas firmas diversificaram sua gama de produtos e de competências. Algumas empresas voltadas para a fabricação de veículos, que trabalhavam próximas aos produtores de carvão, desenvolveram e adaptaram máquinas antes usadas em minas de cromo para os ambientes úmidos e estreitos das minas de platina. Muitas delas operam de forma independente, atendendo outros setores além da mineração.

Pelo fato de realizarem várias, se não todas, as etapas do ciclo de vida do produto ou do serviço, as grandes empresas têm vantagens sobre as menores. Como resultado, quase todos os conglomerados mineiros embarcaram em um processo de consolidação, operações no exterior e terceirização das atividades que não compõem o núcleo das atividades da empresa.⁵¹ Algumas foram internacionalizadas (*offshore*), outras se tornaram apenas montagem ou prestação de serviços de distribuição local.

49 *Idem, ibidem.*

50 Walker & Minnitt, *op. cit.*

51 *Idem, ibidem.*

A experiência da Bell Equipment, uma das exportadoras de equipamentos líderes da África do Sul, é um exemplo clássico de como a tecnologia projetada para atender aos desafios de uma única indústria se moveu lateralmente em direção a uma variedade de aplicações tecnológicas similares em setores diferentes. O primeiro *trailer* da empresa foi projetado em 1954, para gerenciar as difíceis tarefas de corte e carregamento de cana. Nos anos 1980, os princípios desse cortador de três rodas foram aplicados em outro segmento do setor agrícola: a indústria madeireira, que estava florescendo na Richards Bay.

A diversificação para atividades de mineração começou com um contrato para o transporte de carvão. A inclusão de tecnologias como a caixa de câmbio automática, o motor e outros dispositivos resultou em um puxador de duas rodas rígido e adequado ao ambiente da indústria mineradora. A ampliação do uso desse tipo de veículo foi facilitada não só pelas interações com a indústria de carvão, mas também pela emergência de contratos de engenharia geral na Richards Bay.

Apesar do fechamento da mina alguns anos depois, a diversificação na empresa continuou. Os puxadores de duas rodas foram adaptados, manufaturados e comercializados para aplicações distintas. Embora a Bell Equipment tenha mantido seus relacionamentos com a indústria florestal ao longo dos anos 1990, muito de suas demandas por carregadores e caminhões de descarga vieram da demanda local por materiais, em especial do setor de mineração. A empresa seguiu, de uma maneira não planejada, inovações complementares e relacionadas. Os equipamentos foram projetados para trabalhar em terrenos extremamente rígidos.

Os blocos de concreto pré-moldados da Concor Technicrete, fundada em 1968, tradicionalmente utilizados para reduzir as fatalidades causadas pelos desabamentos de rochas e pela atividade sísmica nas operações subterrâneas da mineração, começaram a ser usados pela polícia na luta contra o terrorismo.

O relacionamento da indústria mineral sul-africana com os fornecedores de máquinas, equipamentos e serviços para o setor traz duas observações fundamentais. A primeira é que *o que se faz* também depende do *como se faz*, ou seja, uma trajetória de desenvolvimento sustentado depende de uma dupla estratégia, que envolve firmas e governos, voltada para o fomento de investimentos. A maneira pela qual o país pode se beneficiar dos relacionamentos e transbordamentos provenientes do setor mineral está sujeita à

existência de políticas que saibam aproveitar e fomentar a plena realização dessa interação. Em segundo lugar, fica patente que o setor mineral tem o potencial de fazer o país evoluir de uma posição de extração de recursos naturais para um crescimento baseado em conhecimento relacionado à criação desses recursos.⁵²

Comércio internacional de máquinas e equipamentos para mineração: uma discussão sobre barreiras à entrada

O mercado de exportação de máquinas e equipamentos para a indústria de mineração tem sido dominado pelas mesmas nações desde pelo menos 1962, a partir de quando estatísticas uniformes estão disponíveis, mas existem notáveis exceções a essa afirmação.⁵³ Ao comparar as duas colunas da tabela 2, na página seguinte, é possível observar que apenas três das nações que hoje constam entre as 15 principais exportadoras não se encontravam em posição equivalente em 1962: Áustria, China e Coreia do Sul.⁵⁴ No entanto, a base Comtrade não possui dados sobre a Áustria para o ano de 1962, e uma análise pormenorizada do período em questão revela que a indústria austríaca já era um dos principais exportadores globais de máquinas e equipamentos para a mineração na década de 1960. O mesmo não pode ser dito a respeito da Coreia do Sul e da China. A Coreia aparece pela primeira vez nessa análise na 57ª posição, em 1962, e a China, na 31ª posição, em 1987. Desde então, os dois países vêm apresentando um padrão de crescimento e ascensão contínuos, ocupando posição de destaque no cenário recente.

52 *Idem, ibidem.*

53 As exportações foram compreendidas aqui pelo código 7184 (máquinas e equipamentos para mineração e construção n.e.a.) da primeira revisão da Classificação Internacional de Atividades Comerciais (SITC Rev. 1, na sigla em inglês). É verdade que os bens de capital empregados na indústria de mineração podem estar ausentes dessa classificação. No entanto, para comparação proposta aqui, a distorção causada não é significativa.

54 Uma fragilidade digna de nota nessa comparação é que o número de nações cobertas pela base Comtrade em 1962 é significativamente menor do que no período recente (46 países em 1962 e 130 em 2009). Isso impede, por exemplo, a comparação da participação de cada nação no total exportado, dado que haveria um grande viés de alta para os primeiros períodos da série.

Tabela 2 – Principais exportadores de máquinas e equipamentos para mineração e construção

Posição no ranking	1962	Posição no ranking	2009
1	EUA	1	EUA
2	Reino Unido	2	Japão
3	Alemanha Ocidental	3	China
4	França	4	Alemanha
5	Canadá	5	Singapura
6	Suécia	6	Reino Unido
7	Itália	7	França
8	Japão	8	Coreia do Sul
9	Singapura	9	Itália
10	Suíça	10	Holanda
11	Holanda	11	Bélgica
12	Iugoslávia	12	Canadá
13	Bélgica-Luxemburgo	13	Áustria
14	Noruega	14	Noruega
15	Malásia	15	Suécia

Fonte: ONU/Comtrade

A tabela 3, na próxima página, mostra, além da evolução da posição de cada um desses países no *ranking* de exportações de máquinas e equipamentos para mineração, a participação relativa dessas exportações no PIB de cada país. É interessante observar que a indústria de bens de capital para mineração conseguiu elevar as exportações dos países analisados em um ritmo mais acelerado do que o crescimento de suas respectivas economias, com exceção apenas da Suíça e do Reino Unido. Esse crescimento pode ser um indicador de que essa indústria assumiu uma dinâmica própria, que foi capaz de alimentar sua expansão no tecido industrial local de forma mais intensa do que outras atividades. Chama a atenção o fato de países com indústria mineira bem desenvolvida e com certa tradição nessas atividades não aparecerem na lista, como a Austrália, a África do Sul, o Brasil, o Chile e a Índia.

Tabela 3 – Exportações de máquinas e equipamentos para a indústria de mineração:
ranking e participação no PIB

País		1962	1972	1982	1992	1997	2002	2007	2009
EUA	Posição global	1	1	1	1	1	1	1	1
	Exportação/ PIB (%)	0,07	0,07	0,22	0,10	0,12	0,09	0,15	0,12
Japão		8	5	2	2	2	2	2	2
		0,02	0,04	0,17	0,11	0,12	0,13	0,34	0,17
China					26	20	14	4	3
					0,01	0,02	0,05	0,22	0,16
Alemanha		3	2	3	4	3	3	3	4
			0,12	0,19	0,07	0,15	0,18	0,29	0,2
Singapura		9	12	9	9	8	8	9	5
		1,08	0,73	2,06	0,99	1,26	1,49	2,72	3,16
Reino Unido		2	3	4	3	4	4	5	6
		0,18	0,16	0,25	0,14	0,18	0,15	0,23	0,16
França		4	4	5	5	5	5	7	7
		0,04	0,13	0,19	0,09	0,16	0,15	0,21	0,12
Coreia do Sul			29	34	17	9	9	10	8
			0,01	0,01	0,05	0,16	0,22	0,44	0,35
Itália		7	6	8	8	6	7	6	9
		0,03	0,09	0,1	0,05	0,12	0,12	0,26	0,13
Holanda		11	11	10	10	13	12	11	10
		0,04	0,04	0,12	0,14	0,14	0,18	0,53	0,34
Bélgica		13	7	7	7	7	6	8	11
		0,04	0,29	0,47	0,37	0,56	0,73	1,07	0,51
Canadá		5	10	6	11	10	10	13	12
		0,05	0,04	0,22	0,06	0,11	0,12	0,18	0,15
Áustria			9	11	12	11	11	12	13
			0,21	0,24	0,15	0,30	0,40	0,79	0,44
Noruega		14	13	15	21	21	18	20	14
		0,02	0,10	0,10	0,07	0,13	0,14	0,24	0,37
Suécia		6	8		6	16	13	14	15
		0,09	0,12		0,35	0,12	0,29	0,41	0,31
Malásia		15	23	29	23	26	37	36	29
		0,04	0,07	0,07	0,14	0,13	0,06	0,16	0,23
Suíça		10	14	20	20	30	30	40	42
		0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,03

Fonte: ONU/Comtrade

Uma possível explicação para o domínio relativamente estável de poucas nações são as barreiras consideráveis à entrada nessa indústria. As empresas que foram pioneiras na produção de máquinas e equipamentos para mineração, cujo início muitas vezes remonta aos séculos XVIII e XIX, se mantêm competitivas com base nos aprimoramentos tecnológicos que conseguem implementar de forma recorrente, bem como com a reputação que acumularam ao longo dos anos fornecendo a diferentes mercados.

As barreiras tecnológicas se manifestam principalmente nos conhecimentos tácitos incorporados em seus produtos e processos, nas pessoas e na organização como um todo, tornando difícil para novos competidores copiar a tecnologia empregada. O aprendizado tecnológico é demorado e custoso, e o acúmulo de competências adquirido ao longo das décadas tende a representar uma barreira cuja transposição está longe de ser simples.

As barreiras de reputação tendem a complementar as tecnológicas. O uso repetido de produtos e processos de certo grupo de fornecedores costuma gerar confiança nos atributos de qualidade e de desempenho, assim como a existência de informações e de canais de comunicação efetivos entre usuários e fornecedores. Esses canais, muitas vezes, geram benefícios mútuos do ponto de vista tecnológico, que reforçam os laços de confiança e de fidelidade entre os parceiros comerciais. Os efeitos da reputação são fundamentais para a conquista de novos clientes, seja por meio de feiras comerciais, seja de recomendações informais de outros competidores (como outras empresas mineradoras), o que torna ainda mais difícil o desafio de penetrar nessa atividade econômica.

Os casos de empresas asiáticas, sobretudo do Japão, da Coreia do Sul, de Singapura e, mais recentemente, da China, lançam luz sobre as possibilidades de quebrar tais barreiras. Por outro lado, essas experiências revelam a complexidade desse processo: não foram simples decisões de mercado que tornaram possível o crescimento e o aprimoramento tecnológico das empresas desses países, mas um processo articulado de políticas públicas e de desenvolvimento industrial. Essas empresas foram capazes, ainda, de acumular competências e conhecimentos na então emergente indústria microeletrônica para tirar proveito das possibilidades de emprego dessas novas tecnologias e ganhar espaço na indústria de máquinas e equipamentos.

Conforme as máquinas e os equipamentos foram se afastando da base eletromecânica para um paradigma no qual a microeletrônica foi se tornando predominante, o relativo hiato tecnológico entre empresas estabelecidas e possíveis novos competidores se reduziu.

No entanto, se o desenvolvimento econômico baseado em recursos naturais estiver relacionado com a habilidade de esses países diversificarem suas atividades nas indústrias correlatas, não apenas a jusante e a montante, mas também em outras indústrias que desfrutem de base tecnológica comum, questionar as possibilidades de desenvolvimento existentes em um contexto de elevadas barreiras à entrada se mostra relevante. As experiências internacionais ressaltadas servem para lançar luz sobre esse debate, apontando alternativas que elucidem as possibilidades de desenvolvimento econômico.

Existem oportunidades de diversificação em indústrias nas quais as barreiras são significativamente menores, sobretudo àquelas ligadas a serviços. O caso australiano e mesmo o canadense reforçam essa assertiva. Além disso, os serviços de engenharia – ponto forte também de empresas localizadas nos países escandinavos – tendem a oferecer benefícios advindos da proximidade geográfica entre clientes e fornecedores. E, embora possam colocar significativas barreiras técnicas e reputacionais, representam possibilidades de inserção qualificada de empresas locais, em especial em nichos tecnológicos.

A experiência asiática reforça o papel que o Estado pode assumir coordenando e articulando os esforços industriais de modo a catalisar a indústria local. Os agentes privados, quase por definição, costumam ter perspectivas mais restritas, tanto do ponto de vista temporal quanto das inter-relações das suas decisões sobre outras áreas e atividades, tendendo a não considerar os efeitos que suas decisões desencadeiam no sistema do qual fazem parte. As decisões baseadas apenas em transações de compra e venda em mercados, com foco mais imediato, tendem a desperdiçar as externalidades econômicas e tecnológicas que grandes empreendimentos mineradores podem desencadear nas economias locais.

O crescimento de forma concomitante e articulada entre diferentes indústrias torna-se possível quando o Estado assume um papel mais indutor do desenvolvimento econômico, sem precisar recorrer aos meios intervencionistas que se popularizaram durante o período de substituição de

importações na América Latina, por exemplo.⁵⁵ Esse papel de agente catalisador de decisões de investimento se verifica, sobretudo, por meio da alteração do horizonte de preferência temporal dos agentes para o longo prazo.

Esse deslocamento do horizonte temporal parece ser fundamental também no que se refere às possibilidades de diversificação em bases tecnológicas comuns. Há importantes sobreposições de conhecimento envolvendo a cadeia da mineração e outros setores ditos de alta tecnologia, incluindo aplicações médicas, aeroespaciais e militares. Quando se trata de serviços de *software* e informática, os transbordamentos possíveis são ainda mais amplos. No entanto, o processo de expansão da base tecnológica das empresas demanda esforços contínuos e envolve riscos inerentes ao processo de aprendizado e de desenvolvimento tecnológico. O papel do Estado pode ser tanto o de fornecedor de ferramentas e programas de mitigação de risco (como no caso canadense do desenvolvimento do sistema GEM), quanto o de construção de uma sólida infraestrutura de suporte tecnológico que seja capaz de prover os recursos humanos necessários para que o acúmulo de competências se materialize.

Os países desenvolvidos que formaram importantes atividades industriais e de serviços a partir da valorização de sua base de recursos naturais constituem um elemento inspirador para políticas de desenvolvimento dos países que são ou pretendem ser ricos em recursos naturais ou a partir deles. Evidentemente, a expressão *são ou pretendem ser* está ligada à perspectiva da criação de recursos naturais pelo gênio humano, pelo conhecimento e pelos investimentos feitos para tornar esses recursos aproveitáveis, conferindo-lhes valor.

Os países que se desenvolveram, em geral, foram capazes de criar riquezas na produção primária e nas áreas correlatas. Essas atividades podem se localizar a montante, em áreas tão diversas quanto a produção de conhecimentos úteis nas atividades primárias, a fabricação de máquinas, equipamentos e insumos e o desenvolvimento de tecnologias e processos para elevar o rendimento das minas, a produtividade do trabalho e a rentabilidade

55 Ver seção *Implicações da tese Prebisch-Singer para as políticas públicas*, do cap. 9.

dos investimentos. Podem também criar riquezas nas atividades a jusante, no aproveitamento dos produtos primários em cadeias capazes de valorizar esses produtos, tornados insumos de novos processos, com atributos adicionais e diferenciadores.

As experiências históricas ajudam a compreender esses processos e inspiram a reflexão e a formulação de estratégias empresariais e políticas públicas. A mineração demandou soluções técnicas para equacionar seus problemas e aperfeiçoar os processos de produção, aumentar os rendimentos e valorizar as jazidas. Os setores industriais que se formaram a partir daí subsistem à própria mineração local, como atestam as empresas nórdicas, a exportação de 85% da produção de equipamentos de mineração da Alemanha ou a importância global das empresas de movimentação de terras dos EUA. A contribuição da mineração para as atividades a jusante também encontra diversos exemplos históricos, e o mais importante deles talvez seja a transformação dos EUA de uma economia exportadora de matérias-primas de origem agrícola para uma base lastreada na indústria com forte conteúdo mineral.

A inspiração desse processo para outros projetos de desenvolvimento é evidente, mas a sua consecução é tudo menos óbvia. Os países que formaram essas empresas estavam protegidos por barreiras naturais, típicas das atividades econômicas no mundo pré-globalização, com custos de transporte elevados, níveis de comércio e de fluxos financeiros modestos. Assim, as empresas puderam desenvolver soluções locais e aumentar sua escala de forma gradual, por diversificação e por aquisição de outras empresas, criando em alguns casos conglomerados industriais robustos, com presença comercial em muitos países, presença produtiva nas bases industriais mais relevantes e atuação em múltiplos segmentos de mercado. Mas, hoje, essas condições iniciais se encontram revogadas.

É difícil exagerar a força industrial, tecnológica, comercial e financeira desses agrupamentos industriais. É claro que ela coloca limitações à expansão de empresas muito mais jovens, mesmo quando estão localizadas em países e regiões com elevado potencial para a atividade de mineração. Esse argumento ajuda a explicar por que os países que desenvolveram a sua indústria de mineração mais tardiamente também encontram mais dificuldades para desenvolver cadeias industriais integradas a jusante. Em sentido contrário, isso ajuda a explicar por que países como a Austrália e



o Canadá apresentam um grau de desenvolvimento maior dos seus segmentos de serviços associados à mineração.

O caminho da integração vertical das cadeias produtivas minerais a montante, em direção à fabricação de máquinas e equipamentos, é uma aspiração legítima de todos aqueles que se preocupam com o desenvolvimento nacional, e essa ideia é partilhada por todos os países relevantes para a indústria mineral. Entre essa aspiração e a sua consecução na prática, há distâncias que o conhecimento e as construções sociais – das estratégias privadas e das políticas públicas – ainda estão por preencher.





3 PADRÕES DE PRODUÇÃO MINERAL E EFEITOS SOBRE A INFRAESTRUTURA: A EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL

Como visto nos capítulos anteriores, a mineração produz efeitos que vão além das minas e do território específico onde ocorre e depende de recursos externos à própria atividade. Um aspecto central da mineração que ultrapassa os seus limites são as infraestruturas, que possibilitam a inserção da atividade no sistema econômico. Os investimentos no desenvolvimento da infraestrutura necessária para a operação de minas podem transbordar¹ para a sociedade, catalisando o desenvolvimento econômico.

É consenso que uma infraestrutura de qualidade – como rodovias, ferrovias, portos, aeroportos, sistemas de geração e distribuição de eletricidade, de água e esgoto, instalações de educação e saúde – é de extrema importância para o desenvolvimento econômico e industrial. A infraestrutura de transporte, por exemplo, é responsável por conectar regiões geográficas do território nacional e internacional. Permite a locomoção de pessoas, bens e prestadoras de serviços e, quanto mais eficiente for esse processo, mais competitiva tende a ser a indústria local, em especial nos países de extensão continental, como a Austrália, o Brasil, o Canadá e os Estados Unidos.

As demandas de infraestrutura intrínsecas às atividades de mineração geram benefícios que atingem não apenas as comunidades que as cercam, mas também o sistema econômico e industrial de um país ou de uma região. Embora um transbordamento mínimo da infraestrutura da mineração para outras atividades seja quase automático, esse potencial tende a ser mais bem aproveitado quando há articulação entre os agentes privados

1 O argumento aqui utilizado se baseia na ideia de que os investimentos em infraestrutura necessários para viabilizar a atividade mineradora são geradores de externalidades positivas que geram benefícios a terceiros sem lhes causar custos adicionais. Ver nota 14 do cap. 1.

(da indústria de mineração) e os interesses públicos (o conjunto das atividades, econômicas e outras).

Esse fator é de especial relevância quando o setor privado é responsável pelos investimentos em infraestrutura. Quando há uma diferença de recursos significativa entre o que é ótimo para o empreendimento de mineração e o que é desejável para beneficiar uma parcela maior da sociedade, incluindo outras atividades econômicas, a necessidade de arranjos institucionais específicos se mostra ainda mais importante.

Infraestrutura e desenvolvimento econômico

O termo *infraestrutura* é aqui compreendido como um conjunto de elementos críticos para que atividades e serviços básicos para a indústria e a população possam existir. Embora os termos *críticos* e *básicos* possam ter diferentes conotações de acordo com o país ou com o período de análise, são aqui utilizados com sentidos que procuram ir além do termo *importante*, mais genérico. As principais atividades compreendidas pelos investimentos em infraestrutura devem incluir geração e distribuição de energia, transporte (rodovias, ferrovias, portos, pontes, aeroportos...), oferta de água, sistemas de esgoto, estações de tratamento e de recuperação, telecomunicações e serviços sociais, incluindo hospitais, escolas, opções de lazer e outros serviços públicos e privados.

Os investimentos em infraestrutura costumam ser caracterizados por uma elevada intensidade de capital, pois são empreendimentos de larga escala e longa duração, desde sua concepção à vida que possuem depois de consolidados. Além disso, são marcados pela irreversibilidade: uma vez efetuados, não podem ser recuperados ou aproveitados em outro contexto.

A intensidade de capital é uma relação e não um termo absoluto, que pode ser determinada pela quantidade de capital necessária para sua construção dividida pelas unidades de produto geradas pelos seus usuários. Se uma infraestrutura é pioneira, se cria a sua demanda de modo progressivo, possui um denominador reduzido no início e, nem por isso, precisa de menos capital inicial, já que a intensidade de capital das infraestruturas está associada a indivisibilidades técnicas. Seria impossível do ponto de vista técnico e ineficiente do ponto de vista econômico projetar e

construir um empreendimento de infraestrutura voltado para um número muito reduzido de usuários.

Historicamente, o financiamento, a construção e a operação da infraestrutura têm estado sob a responsabilidade do setor público. Essa tendência deriva de outros atributos inerentes aos empreendimentos de infraestrutura.² Esses empreendimentos possuem características de bem público, que tornam difícil (e indesejável, na maioria dos casos) excluir usuários que não pagam pelo serviço. Além disso, podem caracterizar monopólios naturais, nos quais a escala mínima para a operação requer um único ofertante, e apresentam externalidades que fazem os custos e os benefícios extrapolarem o empreendimento e as transações envolvidas.

Uma variedade de motivos levou a uma reavaliação desse posicionamento, proporcionando um considerável crescimento da participação do setor privado na provisão de infraestrutura: a mudança tecnológica, a melhor apreciação das ligações entre estruturas de incentivo e eficiência operacional e a maior aceitação da filosofia do usuário pagador.³ Os elos entre a infraestrutura e o desenvolvimento econômico são múltiplos e complexos, sobretudo porque afetam diretamente tanto a produção quanto o consumo.

Tem sido recorrente o argumento de que infraestrutura de qualidade é uma condição necessária para o desenvolvimento econômico, e sua carência pode representar um sério obstáculo.

Atribui-se o crescimento econômico americano no século XIX ao investimento massivo do governo no desenvolvimento de infraestrutura de transportes, cujas estradas e ferrovias permitiram que a ocupação do país avançasse da costa atlântica em direção ao interior e à costa oeste. O foco do regime planejado em manufatura (o elemento mais tangível) e a precária estrutura de transportes (uma dimensão considerada secundária) podem ter restringido a taxa de crescimento da economia de países da antiga União Soviética.

Assim, é razoável dizer que o crescimento econômico depende da disponibilidade de infraestrutura, em especial a de transporte.⁴ Algumas características do fornecimento de infraestrutura pelos poderes públicos foram sendo superadas pelo próprio desenvolvimento do sistema econômico e

2 Grimsey & Lewis, 2002.

3 Davis, 2005.

4 Aldagheiri & Bradshaw, 2006.

das economias. Pelo menos duas das condições se modificaram de modo significativo: o crescimento da renda média da população, que elevou sua capacidade de pagamento por esses serviços, e a capacidade regulatória do Estado, que afastou (ou minorou) os riscos e os custos associados a possíveis monopólios.

Há um certo consenso de que a infraestrutura, mais do que uma condição necessária ao desenvolvimento de diversas atividades econômicas, atua como importante catalisador do desenvolvimento econômico. Os benefícios gerados tendem a se propagar além do objetivo inicial, compreendendo setores e outras atividades que, por sua vez, podem criar novas necessidades de infraestrutura, realimentando o processo.

A construção de infraestrutura de transporte representa um bom exemplo desse potencial catalisador. O sistema de transporte afeta a movimentação de bens, serviços e pessoas dentro de uma determinada região, afetando a relação dos diversos componentes do sistema econômico local com os demais. Os resultados dos investimentos nessa área na economia regional se manifestam por meio de mudanças em seu potencial de gerar oportunidades de interação entre os agentes, tanto interna quanto externamente.

Em outras palavras, ocorre um impacto na conectividade da região, na habilidade dos agentes econômicos locais de desenvolver relações de mercado produtivas e lucrativas com firmas e agentes situados em regiões distintas. É claro que há benefícios além das transações econômicas diretas proporcionadas por esse aumento da conectividade. Em conjunto, podem surgir oportunidades de lazer, cultura e serviços sociais – como saúde e utilidades públicas – que não estavam disponíveis ou eram de qualidade inferior.

Um alto nível de conectividade permite fortes vínculos inter-regionais com firmas e consumidores externos, e a falta de conectividade implica a redução de opções e de oportunidades intelectuais para o desenvolvimento de novos elos geográficos.⁵ A construção de infraestrutura de transportes pode exercer um importante papel na criação de mercados, inserindo regiões que estavam desconectadas ou conectadas de forma precária ao sistema econômico regional ou nacional, impulsionando diferentes atividades econômicas.

Isso porque a infraestrutura de transporte permite o acesso dos agentes produtores a novos e diferentes insumos e dos consumidores aos mais

5 McCann & Shefer, 2004.

variados produtos advindos de outras regiões. Essa consideração advém da compreensão do sistema de transportes como uma rede que compreende um arcabouço local, regional e até nacional. Para que novas oportunidades se materializem, é preciso que as melhorias se manifestem no nível da rede e não de um projeto individual. O benefício adicional de conectar duas regiões mal conectadas ao sistema econômico regional, por exemplo, tende a ser muito inferior se comparado à conexão de uma dessas regiões a uma terceira de elevada conectividade.

Essa dimensão pode criar benefícios que extrapolam as fronteiras nacionais. A existência de uma rede de transporte que envolve o acesso eficiente a portos e a aeroportos tende a estimular a circulação de bens e pessoas. Isso, por sua vez, pode impulsionar atividades exportadoras, incentivar importações de insumos, equipamentos avançados e bens de consumo. Pode favorecer a indústria de turismo local, atraindo pessoas de outros países e elevando o intercâmbio cultural da região.

A qualidade da infraestrutura de uma região também pode reduzir os custos e os riscos de outras atividades econômicas, elevando a taxa de retorno dos investimentos. Essa dimensão, além dos efeitos advindos da conectividade da região, pode alterar os parâmetros de decisão do agente econômico pelo investimento. A existência da infraestrutura necessária pode ser um fator crucial no momento de uma empresa decidir qual será sua localização.

Sob essas circunstâncias, recursos adicionais de capital e de recursos humanos podem ser atraídos para essas regiões. Esse potencial é outro importante efeito catalisador da infraestrutura no desenvolvimento regional e nacional. Se, em um primeiro momento, as decisões de investimento podem ser pautadas pela infraestrutura mínima necessária em termos de energia, transporte, comunicação, qualidade e quantidade de mão de obra, fatores ligados à infraestrutura social exercem um papel cada vez mais importante em tais decisões. Educação, saúde e segurança exercem grande influência na atração de mão de obra qualificada.

Embora os beneficiários iniciais da infraestrutura sejam os usuários diretos – como empresas que transportem cargas através de rodovias e ferrovias e indústrias intensivas em energia –, os aspectos positivos de seu uso são transferidos aos não usuários. Esse resultado indireto pode advir dos retornos gerados pelos usuários que se beneficiaram diretamente da infraestrutura e decidiram reinvesti-los na região ou de outras atividades

impulsionadas pela elevação da renda local. Essa dinâmica tende a gerar impactos positivos no produto, no emprego e na renda.⁶

Um investimento em infraestrutura pode ser concebido para atender a demandas específicas em termos de geração de energia, transportes ou outros serviços essenciais. Seus benefícios, contudo, podem favorecer diversas outras atividades que possuam acesso a essa infraestrutura. Por exemplo, uma ferrovia conectando a região A e um porto localizado na região B pode ser concebida para atender às necessidades de uma indústria exportadora localizada na primeira região. No entanto, a própria região A pode ser beneficiada por importações facilitadas pelo acesso ao porto na região B, assim como outras atividades econômicas podem ser incentivadas a exportar após a existência desse novo canal de comunicação.

No entanto, se muitas vezes o investimento em infraestrutura pode ser visto como uma condição necessária para dar início ao processo de desenvolvimento econômico, é muito provável que não constitua uma condição suficiente. Outros fatores, como o contexto econômico da região, a disponibilidade de crédito, o preço dos insumos e a disponibilidade de mão de obra, tendem a ser determinantes para que uma região possa se desenvolver. Mas também é verdade que a infraestrutura tende a influenciar muitas dessas variáveis, podendo melhorar o ambiente econômico, reduzir o custo dos insumos, propiciar o acesso e a formação de mão de obra qualificada.

Esse argumento reforça a importância de ter em mente um ambiente dinâmico e de longo prazo, no qual as variáveis exercem impacto umas nas outras. A visão de longo prazo é fundamental não apenas pelo período relativamente longo necessário para a maturação dos investimentos em infraestrutura, mas também porque as oscilações de curto prazo podem não fornecer os parâmetros mais adequados para dar suporte à tomada de decisões de investimentos.

Infraestrutura na mineração

Por ter a dupla função de tornar a exploração factível e de integrá-la ao sistema econômico como um todo, a infraestrutura exerce um papel central na mineração com mais frequência do que em outras indústrias. Grandes

6 *Idem, ibidem.*

investimentos são requeridos para suprimento de água (barragens, poços, estações de bombeamento, dutos e tubulações, estações de tratamento e unidades de recuperação), suprimento de energia (unidades de geração, dutos e depósitos de combustível, unidades de transmissão), transporte (ferrovias, rodovias, unidades de carga e descarga, material circulante, portos, canais), infraestrutura social e municipal (habitação, escolas, hospitais, eletricidade, saneamento básico, estabelecimentos comerciais, lazer) e de comunicação (telefonia fixa e celular, internet, rádio, televisão).

Historicamente, as empresas de mineração têm arcado com os custos de construir a infraestrutura requerida – contrastando com o padrão de desenvolvimento do setor de infraestrutura como um todo, em especial nos países menos desenvolvidos. No entanto, nas últimas três décadas, tem sido cada vez mais comum o envolvimento público no provimento da infraestrutura.

Há múltiplos fatores relacionados a esse envolvimento crescente, como a percepção de que o investimento em infraestrutura pode ser um importante fator de atração de investimentos na mineração – como aparenta ser o caso de alguns países da América Latina que, ao longo da década de 1990, realizaram diversas alterações no arcabouço jurídico e institucional relativo à indústria de mineração. A crescente participação pública pode refletir ainda o desejo do país de ter mais influência sobre a infraestrutura, induzindo sua integração a outros setores de maneira mais ativa e elevando a parcela pública dos benefícios advindos da mineração.

A existência de externalidades torna essa interface entre a função pública e a participação privada ainda mais importante. Embora os benefícios iniciais da infraestrutura sejam apropriados por seus usuários diretos, os aspectos positivos desse uso podem, conforme exposto, representar a redução de custos de produção e comercialização de um bem ou serviço ou elevar suas respectivas demandas. Ao contrário de outras atividades econômicas, a mineração costuma possuir a autonomia necessária para inserir os investimentos em infraestrutura nos investimentos necessários para a viabilização econômica de seu projeto.

No entanto, uma vez realizado o investimento, seus benefícios podem transbordar para diversas outras atividades – mesmo que isso não tenha sido planejado. Em muitos casos, os investimentos necessários para desenvolver a infraestrutura mínima para a mineração podem ser de grande valor para outras atividades econômicas. Em diversos países em desenvolvimento, em

especial na América Latina e na África, onde a mineração é vista como um enclave,⁷ esse aspecto foi bastante ignorado, e o efeito catalisador que os investimentos em infraestrutura poderiam exercer sobre a agricultura ou sobre o desenvolvimento industrial foi subaproveitado.

A articulação entre interesses públicos e esses investimentos de natureza privada pode agir como propulsor do desenvolvimento regional e nacional. Se tais transbordamentos fizerem parte dos parâmetros de formatação do investimento em infraestrutura, os benefícios tendem a ser muito superiores. A rota mais curta e mais barata pode ser considerada ótima para o empreendimento minerador por si só. No entanto, uma reorientação planejada da rota pode servir melhor ao sistema econômico sem acarretar perda significativa ao projeto de mineração em questão.

Uma unidade de geração de energia térmica de pequeno porte pode servir a um projeto de mineração, mas um terminal de geração de grande porte (hidrelétrico ou outro) pode servir melhor à economia como um todo, fornecendo energia à mina e se conectando à rede local ou regional. Esse tipo de planejamento permite que se internalizem as externalidades potenciais dos investimentos em infraestrutura, elevando a capacidade de integração do sistema econômico no qual a atividade de mineração se insere com o sistema econômico regional ou nacional.

Quando o responsável pela construção da infraestrutura é uma organização privada, é uma condição necessária que os interesses públicos e privados se alinhem para que esse potencial se concretize. A adequação da infraestrutura demandada por um empreendimento minerador a outros interesses que permitam ao sistema econômico internalizar as potenciais externalidades não é livre de custos. No entanto, existem diversos mecanismos de incentivo público que podem se somar a esses investimentos, tornando a integração dos interesses públicos uma estratégia lucrativa para o investidor privado. Esses instrumentos podem assumir o caráter de incentivos fiscais, concessões de terra, financiamentos em condições favoráveis, dentre outros.

7 O termo *economia de enclave* é utilizado para se referir ao desenvolvimento de economias locais a partir do uso de capital e tecnologia exógenos, que são atraídos por vantagens competitivas estáticas e cujos benefícios são quase integralmente apropriados pelos donos do capital. O desenvolvimento dessas economias não é capaz de gerar capacitações sustentáveis que se traduzam em vantagens competitivas dinâmicas relacionadas aos agentes locais.

Experiências históricas das relações entre mineração e infraestrutura

Canadá

Como visto no capítulo anterior, as atividades de mineração exerceram importante influência no estabelecimento da infraestrutura do Canadá. Mais do que isso: essa infraestrutura – cujo desenvolvimento remonta ao século XIX – é o ponto-chave para explicar o desempenho atual da economia canadense. O Estado, para encorajar investimentos em mineração e incremento populacional até em áreas remotas, sempre procurou prover infraestrutura pública por meio da construção de ferrovias, estradas, portos e aeroportos. Do ponto de vista do governo, esses investimentos se justificam pelo potencial de geração de externalidades e transbordamento de benefícios para outras atividades e para a sociedade como um todo. O setor público espera que uma parcela maior da sociedade tire proveito do desenvolvimento de projetos adicionais que não seriam implementados se a infraestrutura não existisse.

Essa relação fica clara quando se analisa o surgimento do transporte ferroviário em algumas regiões, em especial nas chamadas *ciudades mineras* (*mining towns*), que têm sua economia baseada na atividade mineral. Muitas vezes, uma cidade mineradora surge devido à expansão de alguma empresa em uma região remota. Quando isso ocorre, é importante que haja um planejamento sólido do desenvolvimento regional para que a cidade não se torne, no futuro, uma cidade fantasma.

Em 2001, o Canadá registrou 185 comunidades dependentes da mineração e/ou do processamento de metais. Sorel-Tracy, Rouyn-Noranda, Val d'Or e Thetford Mines (Quebec), Bathurst (New Brunswick), Thompson (Manitoba) e Sudbury (Ontário) são alguns exemplos de cidades mineradoras com mais de 10 mil habitantes. A maioria das cidades dependentes da mineração se localiza no oeste do Canadá, devido à maior diversificação econômica do leste canadense, em especial na região dos Grandes Lagos.⁸

Thompson é uma cidade mineradora planejada, fundada em 1956, quando uma grande quantidade de minério foi descoberta no local. Sua

8 Kuyek *et al.*, 2003.

fundação foi dada a partir de um acordo entre o governo de Manitoba e a então Inco Limited⁹. Recentemente, Thompson teve sua economia diversificada pelos testes de carros em temperaturas baixas por empresas como a Chrysler, a Ford e a Hummer. A última cidade mineradora construída no Canadá foi Tumbler Bridge, em British Columbia. Suas infraestruturas habitacional e regional (conexão com outros municípios) foram construídas ao mesmo tempo (em 1981) pelo governo de British Columbia para servir a indústria de carvão.¹⁰

Outro tipo importante de organização urbana na formação do Canadá foram as *company towns*, cidades fundadas e administradas por instituições privadas, com economia pouco diversificada. Um caso que apresenta *mining* e *company town* na sua formação é Flin Flon, na divisa de Manitoba e Saskatchewan. A comunidade foi fundada em 1927 pela Hudson Bay Mining and Smelting, que investiu em ferrovias, minas, fundição e energia para explorar o cobre e o zinco da região. Muitos fazendeiros, pressionados pela crise de 1929, foram trabalhar nas minas de Flin Flon, fazendo a cidade crescer consideravelmente nos anos 1930. Em 1933, Flin Flon passou a ser reconhecida como município e, em 1970, alcançou *status* de cidade.

Outro exemplo é Val-d'Or, em Quebec, fruto da fusão, em 1968, de três comunidades vizinhas: Lac Lemoyne, Val-d'Or e Bourlamaque. A última foi fundada em 1934 pela Lamaque Mining Co. As 65 cabanas de madeira construídas ao lado da mina de ouro Lamaque em 1934 estão, até hoje, em seu estado original, e o local é considerado um sítio histórico. Atualmente, Val-d'Or tem um conservatório de música, um grande hospital, serviços universitários, e sua comunidade comemora a corrida do ouro que fez a cidade se desenvolver.¹¹

A cidade de Port Hardy, localizada na Vancouver Island (British Columbia), teve forte influência da mineração, sobretudo pela existência da mina de cobre Island Copper, que começou a ser explorada em 1971 e foi fechada em 1995. A contribuição econômica dessa mina foi bastante significativa não só para a comunidade local, mas para toda a região. Ao longo de seus quase 25 anos de operação, gerou mais US\$ 1,5 bilhão para

9 Ver nota 24 do cap. 2.

10 *Idem, ibidem.*

11 *Idem, ibidem.*

a economia local em folha de pagamento e gastos adicionais com suprimentos e serviços.

A mina deixou um importante legado de infraestrutura, contribuindo para que a cidade diversificasse suas atividades e não entrasse em colapso após seu fechamento. Esse legado inclui a construção de infraestrutura de fornecimento de energia e água, de instalações portuárias e outras melhorias para usos comerciais e industriais além da mineração. A atividade mineradora também foi responsável pela construção de uma estação de tratamento de esgoto, quatrocentas casas, um novo hospital, uma arena para patinação e outros esportes no gelo, uma piscina, um teatro e parques.

Por ser uma mina subterrânea, o processo de reabilitação envolveu a inundação do poço para formar um lago de 530 hectares e 1.320 metros de profundidade, que foi utilizado para a produção comercial de salmão. A empresa responsável pela mina também adquiriu os edifícios e as instalações portuárias para a produção comercial de lagosta e esturjão. Para inundar o poço em condições controladas, foi escavado um canal até o mar, e o fluxo resultante criou o que foi, temporariamente, a maior queda de água de mar no mundo. Esse empreendimento tem importante impacto positivo no turismo da região.¹²

No que tange à infraestrutura de transporte, a Albion Mines, construída em 1829, foi a segunda ferrovia canadense e a primeira a usar um sistema de bitola padrão e de trilhos móveis. Tinha cerca de 10 quilômetros de extensão e visava a ligar as minas de carvão de Albion Mines a um cais localizado próximo à New Glasgow, onde pequenas escunas transportavam a carga para outras regiões do Canadá. A primeira locomotiva a vapor a andar no continente americano foi instalada nessa ferrovia, que havia sido expandida.

Outro exemplo da importância da mineração como indutora de investimentos em infraestrutura no Canadá é fato de a primeira ferrovia de toda a região ocidental do país ter sido construída em 1863 para, em princípio, transportar carvão de Nanaimo até Vancouver Island. A Canadian Pacific Railway – uma das principais conexões ferroviárias do país, fundada em 1881 – tinha como objetivo ligar as regiões mais povoadas do centro à costa oeste, de grande potencial e relativamente despovoada. Os interesses da indústria de manufatura das regiões de Quebec e Ontário em acessar

¹² Veiga *et al.*, 2001.

as matérias-primas existentes – com destaque para o carvão da região de British Columbia – e o mercado potencial da costa oeste exerceram um papel de destaque na viabilização desse empreendimento.

Olhando para o passado mais recente, nota-se que todo o desenvolvimento ferroviário no Canadá entre 1945 e 1972 foi construído com vistas à indústria mineral. Durante o período de 1950 a 1970, as atividades de construção de estradas principais, como as rodovias de Mackenzie e Dempster, no norte do país, facilitaram a exploração e o desenvolvimento de regiões até então pouco acessíveis. Nesse período, também foram criados programas governamentais para implantar portos e aeroportos que beneficiassem a indústria de mineração.¹³

Se as demandas da mineração estimularam a infraestrutura no Canadá, o governo foi responsável por importantes investimentos em infraestrutura que impulsionaram – intencional e não intencionalmente – a mineração, sobretudo em áreas remotas do país. A construção da Canadian Pacific Railway, a primeira ferrovia transcontinental do país, por exemplo, levou à descoberta e ao desenvolvimento de um número considerável de empreendimentos mineradores, como os depósitos de níquel em Sudbury (Ontário) e de chumbo e zinco em Trail (British Columbia). A construção do St. Lawrence Seaway, um sistema de eclusas e canais que possibilita o trânsito de navios de grande porte do oceano atlântico até os Grandes Lagos na América do Norte, foi um fator central no desenvolvimento da indústria de minério de ferro em Quebec e Labrador.¹⁴

A exploração de potássio em Sussex, em New Brunswick, pode ser um exemplo mais recente dessa relação. A mina de potássio dista 100 metros da Trans-Canada Highway e fica próxima de uma linha ferroviária, o que reduz de forma significativa os custos operacionais e de infraestrutura. Esse fator, somado à facilidade de acesso ao porto de Saint John através da ferrovia, aumentou a competitividade do potássio extraído dessa região, permitindo sua exportação para outros países da costa atlântica no hemisfério ocidental e para a Europa.¹⁵

O caso de Sudbury é de especial interesse, pois reúne elementos de uma *mining town* e da dupla relação entre a atividade mineradora e o

13 Anderson, 1989.

14 *Idem, ibidem.*

15 Ritter, *op. cit.*

desenvolvimento da infraestrutura local. A cidade foi fundada na década de 1880, durante a construção da Canadian Pacific Railway. Em 1883, durante as explosões e escavações realizadas para a construção da ferrovia, foi encontrada uma alta concentração de minério na região, em especial cobre e níquel.

Embora pesquisas geológicas sugerissem a existência de depósitos minerais na região desde 1850, sua localização remota freou a exploração. Porém, a construção da ferrovia tornou a exploração em grande escala da atividade mineradora local economicamente viável. O povoamento inicial em Sudbury não esteve muito associado à mineração, mas servia como um centro comercial e de transporte entre diferentes campos de mineração e as comunidades de fazendeiros que a cercavam. Os mineradores só passaram a habitar a região conforme melhorias na rede de transporte foram realizadas, possibilitando aos trabalhadores residir no local.¹⁶

A diversidade de atividades econômicas e de serviços governamentais, de saúde e de educação existentes em Sudbury se desenvolveu em torno da sua vasta indústria extrativa mineral. A região teve um grande impulso econômico após a Segunda Guerra Mundial, quando a demanda por níquel cresceu muito. As exportações de minério contribuíram para a diversificação econômica da região, bem como para reinvestimentos na infraestrutura local.

Entre 1950 e 1970, a população local cresceu substantivamente, sobretudo em razão do *boom* econômico advindo da mineração. Esse processo foi ao mesmo tempo causa e consequência de um contínuo processo de diversificação econômica e de desenvolvimento de infraestrutura de educação, saúde, serviços públicos, comércio e outros serviços. A economia de Sudbury foi fortalecida pelo desenvolvimento de atividades em Elliot Lake, a cerca de 160 quilômetros da cidade.

A construção de uma rodovia ligando Sudbury ao sul da província de Ontário deu à cidade uma conectividade ainda mais privilegiada, transformando-a no principal centro de transporte do norte da província. A introdução de voos da Trans-Canada Airlines, no início da década de 1950, foi crucial para a consolidação de Sudbury como elo central no transporte da região.¹⁷ Favorecida pela mineração, Sudbury se tornou um eixo econômico importante do Canadá, com ligações de transporte para todo o país.

16 *Idem, ibidem.*

17 *Idem, ibidem.*

Uma variedade de empresas relacionadas ao setor de mineração passou a se estabelecer nos entornos dessa área, incluindo produtores de máquinas e equipamentos, fornecedores de serviços industriais, consultoria em gestão e geologia, automação e comunicação para minas, que transformaram a região em um *cluster*.¹⁸

No entanto, a pujança da atividade mineradora não pode ser apontada como condição suficiente para que essa diversificação tomasse forma. Dentre outros elementos, como disponibilidade de mão de obra qualificada e arranjos institucionais favoráveis, a construção de uma infraestrutura de transporte exerceu um papel fundamental nesse processo: as empresas de bens e serviços para mineração têm acesso a aproximadamente 90 minas dentro de um raio de 450 quilômetros, por meio do sistema de transporte existente.

A experiência canadense exemplifica como a mineração e a infraestrutura se reforçam mutuamente para gerar transbordamentos. Essa relação dinâmica é um fator determinante na competitividade da indústria de mineração local e atua como importante facilitadora da diversificação econômica na região de Sudbury. Essa região mostra como, em condições apropriadas, a provisão de infraestrutura pode resultar em um sistema industrial vibrante e um elo central no sistema de transporte do sudeste canadense.

Austrália

O setor de mineração teve impacto preponderante na localização e ritmo do desenvolvimento econômico australiano, incluindo grandes investimentos em infraestrutura, desde a década de 1850.¹⁹ A exploração de recursos minerais na Austrália teve início no final do século XVIII, com a descoberta de carvão. Desde então, passou por períodos de auge e de declínio. A descoberta de ouro em 1851, em New South Wales, e seu espraiamento para outras partes do leste australiano fomentaram a migração e a imigração de pessoas, o investimento em infraestrutura e a transição de uma economia agrícola e pastoril para uma de forte potencial mineral.²⁰

18 Ver nota 26 do cap. 2.

19 Hogan *et al.* 1999.

20 ACIL Tasman, 2005; McKay *et al.*, 1998.

Desde seu início, a exploração mineral na Austrália foi conduzida pelo setor privado. Os governos estaduais apenas concediam as minas e cobravam *royalties*. Para receber uma concessão de mineração, as empresas tinham que cumprir as leis e investir em infraestrutura. Esses investimentos não se restringiam apenas a ferrovias e portos, mas também em infraestrutura social, como ruas, hospitais, escolas e áreas de lazer. Do ponto de vista do governo, as minas pertenciam ao Estado, e os benefícios de sua exploração deveriam ser estendidos para a população: daí a exigência dos investimentos privados em infraestrutura.²¹

Durante o século XIX, por exemplo, houve um forte vínculo entre a instalação de infraestrutura de transporte e a mineração na Austrália. Em 1879, a Western Australia Government Railways foi responsável por um grande empreendimento para conectar a mina de cobre de Northampton ao porto Geraldton. Outras ferrovias foram desenvolvidas partindo desse ponto, dos portos Fremantle (em Perth), Bunbury, Albany e Esperance, principalmente para transportar grãos e minerais. O provimento de infraestrutura para mineração teve um papel importante na expansão e no desenvolvimento da agricultura no interior do país.²² A mineração em Victoria e no oeste do país atraiu investimentos também para outras indústrias, contribuindo para o desenvolvimento da indústria regional, sobretudo no que se refere a rodovias, ferrovias e telégrafo, o que também impulsionou o surgimento de outras atividades econômicas.²³

Os arranjos público-privados se demonstraram importantes quando, décadas depois de sua descoberta, as minas começaram a se exaurir, e muitas cidades que haviam se estabelecido em torno delas sobreviveram porque haviam se tornado centros industriais ou estavam localizadas em pontos estratégicos das rotas de transporte criadas pela atividade mineradora. Cidades inteiras foram desenvolvidas em torno das minas, como Broken Hill, Mount Isa e Kalgoorlie. Com o crescimento da mineração nos anos 1960 e 1970, o foco dos investimentos mudou dos estados australianos mais densos de New South Wales e Victoria para regiões mais isoladas do país, como Queensland e o oeste. A localização de muitas minas em áreas

21 McKay *et al.*, *op. cit.*

22 Davis, 1998.

23 Eggert, 2002.

remotas promoveu o desenvolvimento de empresas e cidades para abrigar mão de obra.²⁴

Muitas das minas, até a década de 1980, eram planejadas como operações de grande escala. Para viabilizar essas plantas, o governo começou a trabalhar em parceria com as empresas, que se responsabilizavam pela construção da infraestrutura dessas operações, condição para a obtenção de sua concessão. O Estado fazia a contribuição financeira de maior peso para a construção de todo tipo de infraestrutura necessária para o funcionamento da atividade mineira: física, como estradas e portos, mas também para as atividades urbanas e sociais, como ruas, casas, escolas e hospitais.

Em regiões remotas da Austrália, o desenvolvimento de novas minas (sobretudo de minerais metálicos) seguiu mais uma estratégia de transporte dos profissionais envolvidos (*fly in-fly out*²⁵) do que de construção de cidades. O custo de construir toda a infraestrutura necessária ao atendimento das operações mineiras as tornaria economicamente inviáveis.

As tecnologias da informação e comunicação (TICs) foram uma das áreas de infraestrutura que mais floresceram em resposta aos estímulos das demandas do setor mineral. Como visto no capítulo 2, a Austrália tem uma reputação internacional em *softwares* para a mineração.²⁶ O setor se desenvolveu com base em um grande número de pequenas empresas fornecedoras de serviços especializados em mineração, que aproveitaram a escassez de investimentos de capital de risco nas maiores, consideradas ariscadas pelos investidores em comparação a outros investimentos. Um dos desenvolvimentos mais notáveis no âmbito das TICs foi o projeto de modelagem de minas, baseado em ferramentas de realidade virtual e internet. Desenvolvidas pela CSIRO, as tecnologias interativas tinham o objetivo de

24 Petkova-Timmer *et al.*, 2009.

25 Esse tipo de arranjo, também conhecido como *deslocamento a grandes distâncias ou pendular*, tem sido crescentemente adotado como alternativa à construção de comunidades ligadas a projetos mineradores. O transporte *fly in-fly out* leva os trabalhadores (em geral por via aérea) até os locais das minas e tem uma série de vantagens em relação à construção de uma comunidade mineira, em especial quando se tratam de áreas remotas. Em primeiro lugar, o custo da construção de acomodações de natureza temporária, como hotéis, é baixo se comparado à infraestrutura e aos serviços complementares necessários a uma comunidade mineira, como escolas e hospitais. Em segundo, o risco de perda dos investimentos iniciais (chamados de *custos afundados* ou *irrecuperáveis*) caso a mina se esgote antes do esperado é menor. Além disso, esse arranjo permite que se transportem trabalhadores ao longo de todo o ciclo de produção mineral de forma mais flexível (Ritter, *op. cit.*).

26 Martinez-Fernandez, 2005; McKay *et al.*, *op. cit.* Ver seção *Austrália*, do cap. 2.

reduzir os riscos da mineração em relação ao capital investido e à segurança do trabalho e conquistar ganhos de produtividade.

As maiores minas e depósitos minerais estão concentrados no norte do país, principal contribuinte, por meio da mineração, do PIB australiano. Nessa região, vêm ocorrendo diversos desenvolvimentos na infraestrutura relacionada à mineração, diminuindo a escassez que também marca outras áreas remotas da Austrália. A relativa falta de estrutura dessas áreas é devida a uma série de fatores que incluem a ausência histórica de desenvolvimento, de população e de cidades importantes, os extremos climáticos e os elevados custos de construção.

Embora seja relativamente bem servida de infraestrutura de transporte aéreo (em termos de aeroportos e pistas de pouso), a região carece de estradas, em razão do alto custo da construção de infraestrutura rodoviária em relação às estruturas aérea e portuária. A principal rodovia, Stuart Highway, foi construída com alto padrão, mas as demais estradas da região norte são de médio padrão, e a maioria delas fica sujeita a restrições de tráfego nas estações úmidas. Os três aeroportos associados à mineração são de alto padrão devido ao volume e ao valor do tráfego, além da necessidade de realização das operações 24 horas por dia, durante todo o ano, de forma confiável. Dois deles (Nhulunbuy e Goote Eylandt) podem acomodar aeronaves como um Boeing 737, e o aeroporto de Darwin tem classificação internacional, capaz de receber aeronaves de todos os tipos e tamanhos.

Pelo lado do setor privado, a Alcan (empresa canadense produtora de alumínio) expandiu sua refinaria de alumínio, Gove, no período de 2005-2007, com o objetivo de aumentar sua produção de 2 milhões de toneladas de alumínio por ano para 3,8 milhões de toneladas, investindo US\$ 2 bilhões. Foi desenvolvido um gasoduto, localizado no campo de gás Blacktip, voltado para o atendimento da refinaria de alumínio da Alcan, representando um exemplo típico de transbordamento de investimentos em infraestrutura da indústria mineradora para outros setores da economia.

O campo está localizado no mar de Timor, a 110 quilômetros da costa norte australiana, na bacia Bonaparte, a 50 metros de profundidade. Controlado e operado pela multinacional italiana ENI, previa a perfuração de dois poços, a instalação de uma plataforma de produção, a colocação de um gasoduto *offshore* de 108 km e a construção de uma planta de tratamento em terra com capacidade de 1,3 bilhões de metros cúbicos anuais.

O gás obtido no campo de Blacktip é usado para gerar eletricidade na planta de liquefação de gás Darwin e em outros locais da parte norte do território, por meio de um acordo de vendas de gás com a PowerWater Australia por 25 anos. A produção de gás começou em 2009, com um volume inicial de 650 milhões de metros cúbicos anuais. Esse projeto esperava adicionar US\$ 18 milhões por ano para a economia do território norte e até US\$ 98 milhões para o restante do país, além de gerar oitocentos empregos na construção civil. Hoje, é uma parte importante da infraestrutura energética da região.²⁷

Grande parte da infraestrutura necessária para a expansão das operações da Alcan-Gove foi realizada pela Alcan, à exceção das estradas públicas e das telecomunicações. As estradas estiveram sob responsabilidade do governo do território norte australiano, com contribuições do governo federal, e houve um acordo entre a empresa e o governo do norte para a construção e a manutenção dessas estradas. O setor privado (principalmente a empresa australiana de comunicações Telstra) se responsabilizaria por grande parte da infraestrutura de telecomunicações, mas o projeto prevê incentivos governamentais para melhorias não comerciais.

Na mina de McArthur, os custos de frete rodoviário são inflados pelas más condições das estradas de Tablelands e Carpentaria. A expansão da mina a céu aberto, operada pela Xstrata, causou um fluxo maior de mercadorias para abastecimento interno, como as grandes quantidades de combustível necessárias para abastecer a frota de veículos da mineração. Isso exigiu a melhoria substancial dessas estradas. A Carpentaria, no trecho entre a rodovia Stuart e o rio McArthur, teve seu pavimento alargado e uma de suas pontes reforçadas.

As atividades de mineração também provocaram alterações na infraestrutura portuária, como a construção de uma base de manuseio de materiais a granel e um carregador de navios no porto East Arm para lidar com produtos e minerais até 2 milhões de toneladas por ano, realizada com parceria público-privada. O complexo compreende um ramal ferroviário, a instalação de uma estrutura para descarga, um transportador para a área de estoque, uma área de estoques com recuperação do carregador frontal, um empilhador e um carregador de navios portátil puxado por caminhão com capacidade de mil toneladas por

27 ACIL Tasman, *op. cit.*

hora. A estrutura deve custar US\$ 35 milhões e tratar cerca de 800 mil toneladas de manganês e 100 mil toneladas de grãos de areia por ano.

A despeito de ser uma potência mineral, a Austrália ainda possui várias regiões inexploradas e tem conduzido diversos projetos de infraestrutura para atender às atividades mineradoras. A busca por uma variedade de materiais em diferentes condições geológicas trouxe para a indústria mineradora do país competências nas práticas de exploração que começaram a ser exportadas para outros continentes. As obras que têm sido levadas a cabo podem alavancar a produção mineira, sobretudo em regiões afastadas e que carecem de estruturas de apoio. Tais investimentos têm potencial de espraiamento para outras atividades e setores econômicos, assim como ocorreu com a agricultura no interior da Austrália.

O desenvolvimento da indústria de mineração australiana sempre esteve ligado à provisão de infraestrutura de transporte, em especial o ferroviário. Os projetos de mineração em áreas remotas têm requerido a contração de novas cidades mineradoras. No entanto, o sistema *fly in-fly out* tem sido predominante nessas regiões.²⁸ Além disso, há uma forte ligação entre o desenvolvimento da mineração, o provimento de infraestrutura de energia e as atividades de processamento mineral no país. A produção de alumínio em Hunter, por exemplo, está associada à provisão de energia elétrica a custo relativamente baixo para empreendimentos mineradores da região. Esse efeito também se manifesta além da mineração, como nas redes de gás de North West Shef até Kalgoorlie e ligando Moomba até Mount Isa, que facilitaram a expansão de outras atividades econômicas.²⁹

Bolívia

Apesar dos desenvolvimentos da atividade agrícola e da diversificação na economia da Bolívia, a mineração continua a ser o principal setor exportador do país. A Compañía Minera del Sul (Comsur) é uma mineradora de propriedade do ex-presidente Gonzalo Sánchez de Lozada (que exerceu mandatos em 1993-1997 e 2002-2003). Em parceria com a empresa de

28 Hogan *et al.*, *op. cit.* Ver nota 25.

29 *Idem, ibidem.*

distribuição e energia Cooperativa Rural de Electrificación (CRE), financiou a construção de um gasoduto de 220 km entre Mineros e o rio San Julián, que fornece energia para a mina de San Ramón e gás para a usina termoelétrica da região, que, por sua vez, fornece energia elétrica para a região do norte de Chiquitanía.

Embora os planos iniciais fossem de que o gasoduto tivesse diâmetro de 1,5 ou 2 polegadas, a um custo de US\$ 1,6 milhão, a união de forças com a CRE permitiu a construção de um gasoduto de 3 polegadas de diâmetro, ao custo de US\$ 2,4 milhões. A Comsur contribuiu com os previstos US\$ 1,6 milhão, e a CRE investiu os US\$ 800 mil restantes, possibilitando a expansão da capacidade do gasoduto. Dois terços do controle do projeto são da Comsur, e a Cooperativa Rural de Electrificación responde pela terça parte restante.

Esse projeto foi viabilizado pela abertura da mina de ouro de Puquio Norte e teve impactos positivos não apenas em San Ramón, mas também em cidades próximas, como San Javier, Concepción e San Ignacio de Velasco, possibilitando a eletrificação rural na área de Chiquitanía.³⁰ Para tanto, foram necessárias a instalação de uma usina termoelétrica e a construção da infraestrutura para distribuir a energia elétrica gerada até as comunidades rurais.

De forma geral, a operação da mina de Puquio Norte teve impactos positivos sobre os níveis de emprego e de renda e sobre o desenvolvimento de infraestrutura em torno de sua área de influência. Uma das consequências de suas operações foi a saturação de alguns serviços públicos, como as escolas, e a empresa fez contribuições extras de impostos para melhorar o sistema educacional local.³¹

A lição que fica dessa experiência é que há benefícios importantes do investimento em infraestrutura ou serviços públicos complementares que resultam da abertura de uma mina, dentre eles a geração de energia elétrica a partir da construção de um gasoduto. Esse caso ilustra como a articulação entre os interesses públicos e privados é essencial para que as necessidades intrínsecas de um empreendimento mineiro consigam beneficiar uma comunidade. A condução de parcerias público-privadas, somadas a outros

30 Loayza *et al.*, 2001.

31 *Idem, ibidem.*

instrumentos de política pública, foram determinantes para que os benefícios da atividade mineradora transbordassem para a sociedade, permitindo que um investimento marginal gerasse infraestrutura para um número muito maior de usuários.

Outro caso de investimento em infraestrutura que transbordou o contexto da mineração vem da Empresa Minera Inti Raymi S.A. (EIRSA), fundada em 1982 com participação dos grupos Inti Raymi-Zealand Mines de Bolívia (50%) e WestWorld Inc. (50%). Com o objetivo de explorar o depósito de Kori Kollo,³² a EIRSA foi a primeira empresa do ramo industrial no país a estabelecer uma base de promoção do desenvolvimento social e econômico das comunidades locais dentro de sua área de influência (Chuquiña e La Joya), já que havia adquirido terras para a exploração do depósito e a instalação das infraestruturas mineradora e administrativa.

O programa de desenvolvimento de infraestrutura da EIRSA incluiu a melhoria de rodovias e comunicações. A empresa também construiu uma ponte entre o rio Desaguadero e uma rodovia de 42 quilômetros conectando a cidade de Oruro, a um custo de US\$ 320 mil. O projeto beneficiou várias comunidades além de Chuquiña e La Joya, melhorando suas ligações com o sistema rodoviário nacional e a cidade de Oruro, importante centro urbano, com cerca de 250 mil habitantes.³³ Em vez de viajar por estradas com más condições e cruzar o rio de bote, os moradores das comunidades puderam se locomover de forma mais rápida e confortável.

Esse empreendimento mineiro também foi responsável pela melhoria de uma estrada de 230 quilômetros até a fronteira com o Chile, pela construção de 53 quilômetros de ligações de energia até a mina, de 39 quilômetros de instalações de gás natural e de uma pista de pouso de 3.300 quilômetros. A empresa investiu ainda na construção e na manutenção de escolas, centros médicos e instalações esportivas.³⁴ Esses investimentos foram vitais para a economia regional, uma vez que melhoraram muito a integração da região rural com a cidade de Oruro. O projeto também facilitou a migração

32 Um dos principais depósitos minerais da Bolívia, a mina Kori Kollo está localizada nas planícies dos Andes, a 200 quilômetros a sudeste de La Paz, 3.710 metros acima do nível do mar. Dos seus 70 mil hectares, somente 7 mil são utilizados para a exploração e mineração de ouro. Desde o início de suas operações, em 1984, produziu 3,4 milhões de onças de ouro e empregou entre quatrocentas e 950 pessoas.

33 Loayza *et al.*, *op. cit.*

34 Eggert, *op. cit.*

de famílias que viviam nessas comunidades para a cidade. Com a nova rodovia e a ponte, é possível viver em Oruro e trabalhar na mina. Os investimentos em infraestrutura de transporte, saúde e educação criam a possibilidade de um desenvolvimento econômico mais sustentável mesmo depois de encerrado o ciclo da mineração.

Chile

Desde seu início, as atividades de mineração tiveram um impacto considerável no estabelecimento da infraestrutura chilena, sobretudo no que diz respeito ao transporte ferroviário e aos portos. Em 1901, cerca de 55% dos 4.600 quilômetros de ferrovias existentes no Chile eram de companhias privadas e, desse percentual, a quase totalidade era de conexões com as atividades de mineração no norte.³⁵

Na história mais recente do país, existem exemplos de empreendimentos de mineração que criaram transbordamentos de infraestrutura para a região envolvida, assim como outros cuja contribuição foi pequena ou insignificante. A mina La Escondida³⁶, localizada ao norte do Chile, na região de Antofagasta, tem se envolvido profundamente em áreas relacionadas à saúde e à educação na região.

Entre os programas de saúde financiados pela companhia – por meio da Fundação La Escondida – se destacam a implantação de serviços de atendimento de emergência, o suporte para pesquisas relacionadas ao câncer na região e o desenvolvimento de uma unidade de oncologia para crianças no hospital de Antofagasta.³⁷ No que se refere à educação, foi criado um estabelecimento de ensino no norte da região, além de programas de qualificação relacionados às necessidades da empresa, que estabeleceu uma parceria com o Instituto de Tecnologia de British Columbia, do Canadá, para implementar um centro para qualificação profissional e desenvolvimento de habilidades técnicas e qualificadas.³⁸

35 Smith, 1904.

36 Ver nota 37 do cap. 2.

37 Castillo *et al.*, 2001.

38 *Idem, ibidem.*

Por outro lado, empreendimentos como Candelaria e Fachinal são apontados como enclaves³⁹, uma vez que geraram poucos encadeamentos que beneficiassem a economia regional, por meio de rodovias ou de infraestrutura urbana. Nesses dois casos, muito pouco foi investido em serviços de educação e saúde, e as minas apenas se beneficiaram da infraestrutura que já existia na região.

Papua Nova Guiné

A contribuição da mineração para a economia de Papua Nova Guiné é significativa e se manifesta em diferentes dimensões. O governo arrecada um montante considerável de recursos por meio de impostos, *royalties*, tarifas aduaneiras e dividendos da indústria. As exportações minerais representam a maior parcela das exportações totais do país e, portanto, a maior fonte de moeda estrangeira. O emprego gerado tanto direta quanto indiretamente por companhias ligadas à exploração e ao fornecimento de bens e serviços para essa atividade também é relevante.⁴⁰

Desde a década de 1890, os esforços realizados no âmbito da exploração de minérios e combustíveis fósseis foram vetores do desenvolvimento da infraestrutura local, sobretudo nas áreas mais remotas, onde essa infraestrutura costuma ser inexistente. Em Papua Nova Guiné, os custos com a infraestrutura básica na área da mina são arcados pelas empresas responsáveis pela operação. Para facilitar o transbordamento desse investimento obrigatório para a sociedade local, o governo permite que essas companhias se beneficiem de um sistema de crédito tributário quando tais investimentos incluem infraestrutura não relacionada à mina.⁴¹

Esse regime tributário diferenciado foi criado porque os benefícios fiscais gerados pela indústria não estavam retornando para as comunidades locais, que sofrem os impactos da mineração. Sob esse regime, as empresas de mineração e de petróleo podem gastar até 2% dos seus rendimentos tributáveis em projetos sociais e de infraestrutura em suas áreas de impacto imediato, desde

39 Ver nota 7.

40 Hancock, 2009.

41 *Idem, ibidem.*

que tenham aprovação do governo. O dinheiro é investido em instalações de educação e de saúde, infraestrutura de transporte, em especial estradas e pontes, abastecimento de água, desenvolvimento comunitário, instalações esportivas, dentre outras. Essa política complementa os projetos nacionais e provinciais, visando a alcançar o maior número possível de usuários.⁴²

Essa política permitiu às empresas participar de projetos comunitários com o total apoio do governo e tem beneficiado outros negócios privados não relacionados à mineração. O desenvolvimento da infraestrutura local tende a ser mais duradouro do que a vida útil da mina em si e gera plataformas para o desenvolvimento econômico futuro, além de ser uma maneira efetiva prover infraestrutura a áreas remotas, algo que o governo encontrava dificuldade em fazer.



Embora não seja possível comparar os casos aqui descritos devido às condições históricas e institucionais idiossincráticas, eles servem para elucidar os possíveis impactos que os investimentos em infraestrutura para mineração podem gerar nas comunidades locais. Mesmo os investimentos essenciais para a viabilização da atividade mineira, como rodovias, ferrovias, portos, energia e infraestrutura urbana, são passíveis de transbordamentos para outros usos na sociedade, com potencial de desenvolvimento regional.

A conjunção de interesses públicos e privados por meio de esforços e de planejamento de diferentes esferas governamentais é capaz de potencializar tais transbordamentos, não apenas em extensão mas também em duração. Por outro lado, há ainda a possibilidade de impactos positivos mais diretos para as comunidades locais, em especial quando o empreendimento mineiro envolve a ampliação da oferta de serviços básicos.

A expansão do setor mineral só pode ocorrer com a articulação de investimentos na operação das minas e no transporte do produto em bases competitivas, envolvendo a provisão de infraestrutura de transporte, energia, água e comunicação e se estendendo aos serviços de educação, saúde e segurança nas proximidades, para que o cotidiano dos trabalhadores e de suas famílias seja o mais próximo possível do ideal.

42 Newbold, 2003.

Esses investimentos são estruturantes do território e podem contribuir para a articulação de outros setores e para a formação de redes de cidades. Conforme as cidades e as regiões se conectam umas às outras, os mercados potenciais se expandem, e oportunidades de negócio são criadas. A redução da distância relativa entre regiões é um fator relevante para a competitividade das empresas.

Por facilitar a diversificação das atividades econômicas da região mineradora, os investimentos em infraestrutura podem ajudar a sustentar o desenvolvimento econômico após o fechamento da mina. Os investimentos em saúde e educação, além de gerar benefícios de longo prazo, colaboram para relativizar a costumeira visão negativa associada à mineração.

No entanto, para que o poder estruturante desses investimentos se traduza em desenvolvimento econômico de fato, é necessário que haja uma articulação entre as dimensões privadas e públicas envolvidas. Isso porque, nem sempre, o ótimo para a mineração é ótimo do ponto de vista público e, de modo análogo, é difícil imaginar que o poder público seja capaz de organizar as escolhas com o ímpeto que o desenvolvimento de múltiplos projetos requer. A empresa de mineração – assim como qualquer outro agente econômico analisado individualmente – tende a não levar em conta as externalidades do seu empreendimento – em especial os transbordamentos benéficos a outras atividades econômicas – quando decide pelo investimento em infraestrutura. A organização tende a optar pelo investimento que proporcione o menor custo a suas operações.

Existem, contudo, diversos mecanismos pelos quais os governos podem interferir nas decisões de investimento privado de maneira a incentivar a incorporação da dimensão pública em tais decisões, como concessão de benefícios fiscais e tributários e financiamentos de longo prazo em condições favoráveis. Esses empreendimentos, em muitos casos, se mostram disponíveis à condução de parcerias público-privadas, sendo de fundamental importância o desenho de arranjos contratuais que propiciem os incentivos desejados. Em qualquer hipótese, o reconhecimento das dependências recíprocas entre o privado e o público, entre as empresas e as comunidades regionais e nacional, é determinante das possibilidades de prosperidade e de desenvolvimento.



4 EFEITOS REGIONAIS DA DEMANDA DO SETOR MINERAL



As complexas relações entre a mineração e o desenvolvimento regional há muito têm sido alvo de um debate que, não raro, produz mais calor do que luz. O potencial de transformação dos benefícios associados às atividades de mineração em processos de desenvolvimento regional mais sustentáveis tem gerado visões marcadas pelo antagonismo.

O desenvolvimento de uma atividade primária numa determinada localidade pode ocasionar fluxos de investimento volumosos e, por meio deles e das receitas de exportação associadas, ocasionar uma especialização muito estreita da economia. Algumas interpretações ressaltam o caráter nefasto das atividades de mineração, julgando-a incapaz de induzir processos de desenvolvimento mais sustentados no longo prazo em razão de elementos como a exploração dos trabalhadores e a usurpação de direitos seculares. Essas visões tomam como base os baixos indicadores socioeconômicos, a geração de enclaves¹ e processos com auge e declínio pronunciados (*boom and bust*²) verificados nas regiões mineradoras.

No outro extremo do espectro, está a visão de que a atividade mineradora pode gerar emprego e renda nas regiões onde se estabelece e beneficiar o desenvolvimento econômico no curto e no longo prazo. Nessa perspectiva, as experiências históricas de processos vigorosos de desenvolvimento econômico regional propiciado pela mineração atestam que essas atividades são capazes de trazer benefícios ao próprio setor e a outras atividades econômicas, que podem ser integradas ao núcleo da atividade mineral, como visto nos capítulos 2 e 3. Fundamentam essa interpretação os efeitos de encadeamento produtivo

1 Ver nota 7 do cap. 3.

2 Ver nota 10.



da atividade mineradora a montante e a jusante,³ bem como o crescimento da renda local e do emprego gerado por essas atividades.

Há também uma visão conciliadora, que reconhece as dificuldades e os problemas intrínsecos da mineração, mas vê nas experiências internacionais possibilidades expressivas de superação desses desafios por meio das estratégias das empresas ou de políticas públicas de desenvolvimento econômico regional.

As visões pessimistas

As abordagens que definem a mineração como nefasta entendem que a atividade gera mais problemas do que vantagens para os locais onde se estabelece, baseando-se na comparação dos indicadores socioeconômicos das regiões mineradoras com outras regiões.⁴ Se a isso se somam os inevitáveis (embora passíveis de ser controlados) problemas ambientais causados pela mineração, as tintas do quadro se tornam ainda mais carregadas.

Diversas abordagens descrevem a relação com os recursos minerais (e naturais de modo geral) como a *maldição dos recursos*. Sua abundância não seria capaz de produzir desenvolvimento econômico, pelo contrário: a exploração dessas riquezas geraria um conjunto de mecanismos que impedem o desenvolvimento econômico local. As atividades mineradoras representariam um grande entrave ao crescimento, mesmo que fossem capazes de gerar, temporariamente, elevados volumes de emprego e renda.

Os diferenciais de rentabilidade, que favorecem a mineração em detrimento de outras atividades econômicas, direcionam os investimentos para as atividades mineradoras, provocando uma atrofia das demais atividades pela baixa diversificação da estrutura produtiva na região. A concentração

- 3 Os efeitos a jusante se referem à integração de outras etapas produtivas, como o beneficiamento, a transformação metálica e a siderurgia. Os efeitos a montante, por analogia com outras cadeias de produção, ligam-se às demandas de insumos de produção, equipamentos e serviços para a atividade de mineração.
- 4 Deve-se apontar que muitos desses autores utilizam esses argumentos para analisar os problemas encontrados em países – e não regiões – com atividades mineradoras importantes. Em muitos casos, não é possível transferir os argumentos dos países para as regiões, mas aqui foram feitas as devidas mediações na aplicação dos conceitos às regiões com atividades mineradoras. E não será por acaso que a literatura europeia do século XIX se ocupou com veemência da descrição de regiões mineiras e seus problemas sociais, incluindo a superexploração e a miséria. *Germinal*, romance do francês Émile Zola, é um expoente dessa literatura.

dos investimentos na exploração de minério reduz as possibilidades de diversificação econômica e produtiva, e a distribuição de renda nessas regiões tende a ficar concentrada nas mãos dos controladores dessas atividades.

Em muitos casos, mas particularmente nos países em desenvolvimento, os controladores são grandes empresas estrangeiras, que remetem seus benefícios ao país de origem. Nota-se também que essas regiões apresentam uma baixa participação dos salários no valor adicionado, em razão do mercado de trabalho monopsonico, relacionado com as escassas oportunidades de trabalho fora das atividades mineradoras, que tende a reduzir os salários dos trabalhadores da região.⁵

Alguns autores utilizam argumentos semelhantes para aplicar o conceito de *doença holandesa*⁶ à análise dos países mineradores. Como apontado, a descoberta de um recurso mineral pode provocar uma concentração dos investimentos na sua exploração. A subsequente elevação das exportações dos recursos naturais gera um expressivo influxo de recursos para esse país, levando a uma elevada valorização cambial e prejudicando a competitividade das demais atividades, como a agricultura e a indústria manufatureira. O crescimento das atividades mineradoras domésticas também pode causar a elevação dos salários, aumentando os custos das atividades não mineradoras e reforçando os efeitos negativos sobre a sua competitividade. O resultado desse processo é a retração da participação das atividades agrícolas e industriais na economia do país, o que se traduz em uma redução da diversificação das atividades produtivas domésticas.⁷

Os efeitos negativos da mineração sobre a estrutura produtiva são reforçados pela natureza efêmera dessa atividade, já que os recursos minerais são exauríveis ao longo do tempo. Alguns autores apontam que as atividades mineradoras geram enclaves⁸ no sistema econômico, um efeito das reduzidas

5 Todas essas características podiam ser observadas na mineração europeia do século XIX, por exemplo.

6 O termo *doença holandesa* é empregado para expressar situações nas quais o aumento das receitas de exportações de produtos ligados à base de recursos naturais de um país provoca a desindustrialização da sua estrutura produtiva, em virtude da valorização cambial decorrente. O termo foi utilizado pela primeira vez nos anos 1960, para identificar os efeitos que a elevação dos preços do gás natural e das receitas cambiais associadas a esse recurso produziu nos Países Baixos: valorização cambial e quedas significativas na fabricação de produtos manufaturados.

7 Uma reportagem da revista *The Economist* de maio de 2011 mostrou as dificuldades enfrentadas pela economia australiana, em especial pela sua indústria, em virtude das elevadas das receitas oriundas das exportações de minério.

8 Ver nota 7 do cap. 3.

capacidades de geração de encadeamentos produtivos. Um dos pilares dessa argumentação é que os ativos envolvidos nas atividades mineradoras – tanto o capital investido, quanto seus recursos humanos – são bastante especializados, o que dificulta a sua utilização em outras atividades econômicas.

Essa linha de argumentação ressalta também que a baixa elasticidade da oferta de produtos minerais, associada à elevada especialização dos ativos da mineração, contrasta com as fortes oscilações de preços dos seus produtos. O rendimento das atividades mineradoras está sujeito a flutuações cíclicas, que impactam não apenas a rentabilidade das operações, mas também a própria manutenção das atividades extrativas.

Quando os preços dos minerais sobem, as empresas buscam aumentar a oferta rapidamente, muitas vezes por meio da construção e da operação de novas minas (ou pela reabertura de unidades fechadas na crise). Nesse momento, as comunidades locais são beneficiadas por saltos no emprego, elevações dos investimentos e melhorias na infraestrutura local – o *boom*. No entanto, quando a demanda reduz, os preços caem, a produção se retrai, e algumas minas são fechadas. As comunidades locais passam a enfrentar a elevação do desemprego, a perda de renda e os problemas advindos do declínio da população,⁹ que se agravam quando o fenômeno tem caráter permanente, com o fechamento da mina por exaustão – o *bust*.¹⁰

9 Há diversos casos nos quais o abandono das atividades minerais criou verdadeiras cidades-fantasma, dada a extensa degradação gerada pelo fechamento de uma mina. Dados apresentados ao Congresso dos Estados Unidos em 2006 mostraram que o custo de recuperação de minas abandonadas no país pode chegar a US\$ 72 bilhões. Esse valor supera a produção mineral anual dos Estados Unidos, que é de US\$ 64 bilhões (sem considerar os combustíveis minerais).

10 O caso da região de Stikine, no norte da província canadense de British Columbia, é ilustrativo dos processos de *boom and bust*. Nos anos 1990, o fechamento de uma mina de amianto na comunidade de Cassiar provocou o desaparecimento da comunidade. Na década de 2000, a abertura de novas minas provocou um novo *boom* de migração, o que fez a população crescer de 1.100 habitantes (em 2006) para 2.500 (em 2010). As projeções indicam que a população local deve cair para 1.600 habitantes em 2014 e, quando a mina se exaurir, em 20 ou 25 anos, outra importante redução deve acontecer. As regiões com elevada participação de atividades mineradoras são obrigadas a manejar elevadas oscilações na população (*population rollercoaster*), no emprego e na renda local, que podem causar problemas sociais como aumento da criminalidade e das taxas de delinquência entre os jovens, elevação do consumo de drogas e álcool e fragilização da comunidade local. Também são elevados os custos ambientais associados ao abandono das minas, muitas vezes causado pela falência dos seus operadores, tanto que o Departamento do Meio Ambiente do Canadá definiu as minas abandonadas como *bombas-relógio ecológicas*. Para enfrentar esses problemas, as autoridades da região têm alertado para a importância de investimentos dos lucros das atividades de mineração em infraestrutura, educação e qualificação da mão de obra na promoção da diversificação das atividades econômicas locais (www.pembina.org; www.afterthegoldrush.ca).

As visões otimistas e conciliadoras

A visão pessimista sobre os efeitos regionais da mineração tem contraposição nas abordagens que apontam os efeitos de promoção do desenvolvimento regional gerados por essa atividade. Um matiz mais otimista dessa abordagem vê na mineração um trampolim para o desenvolvimento regional, apontando a geração de emprego e de renda causada pelos investimentos na atividade mineradora como um motor para o desenvolvimento econômico.

Outro, conciliador, reconhece que essas atividades possuem dificuldades intrínsecas, mas considera sua geração de investimentos e de renda mecanismos importantes para o desenvolvimento de novas capacitações nas regiões mineradoras. Contudo, ao contrário das visões otimista e pessimista, essa abordagem ressalta que a existência de mecanismos de mercado não é suficiente para o desenvolvimento dessas novas capacitações e aponta a necessidade de criação de outros mecanismos de estímulo ao desenvolvimento regional.

Em grande parte, essas visões se baseiam em experiências internacionais de países (e regiões) que foram capazes de promover o desenvolvimento regional a partir das atividades de mineração, como a Suécia, a Finlândia, a Inglaterra, os Estados Unidos e, a partir de meados do século XX, o Canadá e a Austrália, conforme exposto nos capítulos anteriores. Deve-se, todavia, ressaltar que não se pode restringir os efeitos positivos das atividades de mineração aos efeitos estritamente econômicos diretos e indiretos. A capacidade de estruturação de grandes projetos de investimento e a organização de atividades diferenciadas em mineração, como a avaliação geológica e a prospecção, configuram o potencial de geração de processos de aprendizado tecnológico a partir das atividades mineradoras.

Mesmo que os ativos envolvidos na mineração possuam um forte caráter intrínseco, há pelo menos dois efeitos indiretos ou encadeamentos produtivos que podem alavancar atividades em outros setores da atividade econômica. O primeiro é a criação da infraestrutura de suporte às atividades de mineração, abordada no capítulo 3, já que a exploração de minérios exige, muitas vezes, a criação de complexas estruturas de transporte e logística.

O segundo são os encadeamentos produtivos a montante e a jusante. A montante, está o desenvolvimento de indústrias fornecedoras de máquinas, equipamentos e serviços para as atividades mineradoras. A jusante,

estão as oportunidades de diversificação econômica em atividades ligadas a indústrias de base mineral, como os diversos segmentos da indústria metal-mecânica.¹¹

Experiências internacionais

Um dos principais efeitos positivos da mineração sobre o desenvolvimento regional é o surgimento e a consolidação de uma complexa estrutura de apoio e suporte às atividades mineradoras, materializada nos *clusters* minerais. Como visto, esse tipo de sistema de produção é formado pelo conjunto de atividades produtivas correlatas à mineração em uma determinada região, onde normalmente se localiza uma ou várias minas. Aos diversos produtores especializados na provisão de insumos, serviços, máquinas e equipamentos para as atividades locais de mineração, somam-se esforços de formação de mão de obra e de pesquisa acadêmica, como demonstram algumas experiências internacionais.

Sudbury, Canadá

As primeiras minas de Sudbury¹² foram descobertas por volta de 1856, e as atividades de exploração começaram em 1883, com a construção da ferrovia Canadian Pacific, que ligou a cidade aos centros consumidores e exportadores. As atividades locais eram baseadas na extração vegetal até o final do século XIX, quando foi descoberta uma formação geológica rica em polimetálicos (especialmente níquel e cobre), conhecida como bacia de Sudbury. A partir da exploração dos vastos recursos minerais, a região apresentou um crescimento elevado durante todo o século XX. As principais empresas locais, a Falconbridge e a Inco,¹³ desenvolveram suas próprias *company towns* no entorno de suas minas, que depois foram integradas ao núcleo urbano da cidade.

11 Ver nota 3.

12 Ver nota 26 do cap. 2.

13 Ver nota 24 do cap. 2.

O crescimento acelerado trouxe um elevado passivo ambiental, com efeitos sobre o solo (acidificação, erosão, contaminação por metais pesados e destruição da paisagem), o ar (emissão de materiais particulados e gases poluentes) e a água (acidificação e redução da ictiofauna). Esses graves problemas motivaram a adoção de políticas de recuperação ambiental, em especial um plano de redução gradual da emissão de poluentes: para 2015, as autoridades locais estabeleceram a meta de menos de 1% do pico de emissões dos anos 1960. Entre 1978 e 2008, 9 milhões de árvores foram plantadas para a recuperação das áreas devastadas. Esses programas tiveram forte apoio dos governos locais, responsáveis por mais de 90% dos investimentos até 2004, quando as empresas mineradoras passaram a investir cerca de 20% do capital necessário para a implantação dessas ações.¹⁴

A adoção de políticas de recuperação ambiental pelos governos locais representou um elemento muito importante para o desenvolvimento da região, incentivando a implementação de outras políticas públicas para a promoção do desenvolvimento regional. As principais iniciativas se concentraram no estabelecimento de mecanismos de diversificação das atividades econômicas locais, incluindo a criação de instituições de ensino e de pesquisa em áreas de suporte à mineração e de outras atividades econômicas. Esse desenvolvimento fortaleceu as capacitações locais no *cluster* de Sudbury, com destaque para as *junior mining companies*,¹⁵ pequenas empresas voltadas às áreas de pesquisa mineral e de prestação de serviços às grandes mineradoras. No Canadá, estudos registram quase 2 mil empresas desse tipo, que se beneficiam de linhas de crédito subsidiadas e a fundos não reembolsáveis, sobretudo do governo federal.¹⁶

No início dos anos 1980, os governos federal e da província transferiram para a região alguns organismos importantes ligados à mineração, como o Ministério de Desenvolvimento de Minas do Norte de Ontário, órgão responsável pela

14 Ritter, 2000.

15 Em geral, as *junior mining companies* são empresas de pequeno porte e capital aberto, especializadas na busca de novos depósitos de ouro, prata, urânio e outros metais preciosos. Empregam um número reduzido de pessoas, limitando-se, muitas vezes, a uma equipe para lidar com questões administrativas e regulatórias referentes à listagem em bolsa de valores e uma equipe técnica altamente qualificada dedicada à descoberta de depósitos minerais de elevado teor. O principal objetivo das *junior mining companies* é aumentar o rendimento dos acionistas, valorizando suas ações.

16 Enders, julho de 2011.

aplicação e fiscalização da legislação relativa à mineração e pelo controle da recuperação e da reabilitação de áreas da província degradadas pela mineração.

Na área de pesquisa tecnológica, foi transferida para a cidade, em 1989, a sede do Serviço Geológico de Ontário, órgão responsável pela pesquisa geológica e pelo desenvolvimento da mineração. A importância da regulamentação fica clara nas exigências das autoridades locais para conceder licenças de abertura de novas minas. Para evitar ou, pelo menos, reduzir os passivos ambientais relacionados à desativação da mina, a empresa deve apresentar, junto com o plano de exploração, um detalhado planejamento de fechamento da operação.

Outro importante vetor para o desenvolvimento regional de Sudbury foi a Universidade Laurenciana, fundada em 1960. O estabelecimento de ensino tem cerca de 15 mil alunos e sedia o Centro de Excelência em Inovações em Mineração (CEMI, na sigla em inglês), grupo de pesquisa interdisciplinar nas áreas de geologia, engenharia mecânica e de minas, biologia, química e bioquímica, voltado para a investigação de mudança técnica nas áreas de exploração mineral, mineração em áreas profundas, engenharia integrada de minas e meio ambiente e sustentabilidade. Outro grupo de pesquisa relevante é a Corporação de Inovação e Reabilitação de Minas e Pesquisa Aplicada (Minarco), voltada para as áreas de geomecânica, avaliação e mitigação de riscos, visualização e otimização de áreas de mineração, meio ambiente, sustentabilidade e adaptação às alterações climáticas.

O detector avançado de neutrinos SNOLAB,¹⁷ instalado na mina de Creighton após seu fechamento, coletou, a partir de 1999, dados que permitiram análises do núcleo do Sol e das propriedades dos neutrinos. Ações como essa têm sido importantes fatores de estímulo ao desenvolvimento de iniciativas que diversificam a economia local.

Antofagasta, Chile

A região de Antofagasta se caracteriza pelos expressivos avanços em seus indicadores econômicos, que se aproximam dos níveis de países desenvolvidos. Localizado no norte do Chile, o *cluster* é, desde meados dos anos 1980, o

¹⁷ www.snolab.ca

principal produtor de cobre do país – e um dos mais importantes do mundo. A região também experimentou o maior crescimento da renda *per capita* do país na década de 2000: a taxa anual de 3,2% ultrapassou a média chilena em cerca 1 ponto percentual.¹⁸ O dinamismo da região pode ser associado aos impactos positivos do crescimento da atividade mineradora local.

Há duas décadas, o indicador da média escolar na região é entre 5 e 6% superior à média chilena. Além disso, em 2006, a taxa de analfabetismo foi de um terço do índice nacional.¹⁹ Por outro lado, seus resultados no Sistema de Medição da Qualidade na Educação do Chile (Simce, na sigla em espanhol) são, desde 1998, decrescentes. As escolas urbanas estão abaixo da média nacional em todos os níveis do teste, incluindo as escolas privadas, que mais contribuem para a qualidade da educação da região.

Na mina mais importante, La Escondida,²⁰ foi criado o Centro de Treinamento Industrial e Mineiro (CEIM, na sigla em espanhol), voltado à qualificação de seus fornecedores, uma forma de treinar funcionários e adequar suas qualificações às demandas da mineração. Esse investimento gera importantes externalidades positivas para a comunidade, por meio da elevação dos padrões de ensino. O desenvolvimento de tecnologias mais limpas exigiu a qualificação de trabalhadores e fornecedores. Quando a região não dispunha desses fatores, as companhias investiram na infraestrutura local de educação. Como visto no capítulo anterior, a empresa que atua em La Escondida criou um instituto profissional em Antofagasta que conta com professores do Instituto de Tecnologia de British Columbia para formar profissionais especializados no projeto e na manutenção mecânica de máquinas pesadas e de eletricidade.²¹

A empresa também desenvolveu um programa de treinamento com profissionais do Serviço Nacional de Emprego e Treinamento (SENCE, na sigla em espanhol) do Chile e criou uma fundação voltada para o treinamento e a qualificação de alunos do ensino médio, visando ao desenvolvimento de habilidades técnicas. A Fundação La Escondida atua em três áreas principais: saúde, educação e tecnologia. Implantou programas de saúde, como serviços de emergência comunitária e programas de pesquisa e de detecção

18 Lagos & Blanco, 2010.

19 *Idem, ibidem.*

20 Ver nota 37 do cap. 2.

21 Castillo *et al.*, 2001.

preventiva do câncer e desenvolveu uma unidade de oncologia infantil no hospital regional de Antofagasta.²² Na área ambiental, no entanto, a região apresenta diversos problemas. Em 2007, a expectativa de vida era a mais baixa do Chile, de 75,9 anos – a média do país era de 77,8 anos.

Uma das explicações para esse fenômeno é a elevada incidência de câncer de pulmão, resultante dos altos níveis de arsênico presentes na água e no solo em diferentes partes do norte chileno.²³ A partir de 1970, foram instaladas plantas de remoção de arsênico em grandes cidades, mas boa parte da população de Antofagasta ficou exposta, desde meados da década de 1950 até fins dos anos 1980, a níveis do semimetal na água que em muito excediam os recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS). A mortalidade infantil foi reduzida de 14,9 para 7,4 mortes a cada mil nascimentos no período entre 1990 e 2004. Só então a região se equiparou ao índice chileno (8,7 em 2004), mas ainda fica atrás dos países desenvolvidos, que apresentam um intervalo de 4 a 7.

A pobreza na região tem diminuído de forma significativa desde a década de 1990, a despeito do avanço dos índices no país. Antofagasta teve o menor índice de indigência do Chile em 2006 (2,1%) e está entre as regiões com menores índices de pobreza do país. A renda *per capita* da região é historicamente maior do que a média chilena, apesar de seu custo de vida ser o segundo mais caro do país, atrás apenas da capital, Santiago. A renda, no entanto, é mais bem distribuída do que em outras regiões. O coeficiente de Gini²⁴ de Antofagasta foi de 0,45 em 2006, próximo ao índice verificado nos Estados Unidos (0,40). No Chile, durante o mesmo período, o coeficiente foi de 0,57.²⁵

Como visto no início deste capítulo, a mineração contribui para o desenvolvimento regional estabelecendo conexões com outros setores de atividade econômica, incluindo a geração de emprego. Nesse sentido, Antofagasta se diferencia das outras regiões chilenas em diversos aspectos. Em primeiro lugar, abriga a maior proporção de profissionais com salários formais do país (73,3% ante a média nacional de 69,1%). A taxa de desemprego é uma das menores do Chile – reflexo do crescimento da demanda de pessoal a partir da década de

22 *Idem, ibidem.*

23 Lagos & Blanco, *op. cit.*

24 O coeficiente de Gini é uma medida estatística de desigualdade para calcular a distribuição de renda de um país. Ele consiste em um número entre 0 e 1, em que 0 representa a completa igualdade de renda, e 1, a completa desigualdade.

25 *Idem, ibidem.*

1990 – e atraiu trabalhadores de outros locais. Por outro lado, a região abriga a maior proporção de trabalhadores engajados em atividades pesadas (25,3% do total) e tem a maior taxa de mortalidade por acidentes de trabalho de todo o país (7,3 mortes para cada 100 mil trabalhadores frente a média nacional de 3,3).

Em La Escondida, o plano de trabalho 4 × 4 (quatro dias na mina e quatro dias em casa) agrava problemas decorrentes da altitude elevada, da obesidade, das drogas e do álcool. No intuito de mitigar essa questão, a empresa que explora a mina intensificou as formas de assistência médica aos seus funcionários, por meio de plano de saúde integral, de exames periódicos e da construção de um centro de primeiros socorros.

Outro elemento que influencia a relação da empresa com a comunidade são os planos de habitação. La Escondida construiu novas moradias na região e disponibilizou empréstimos a juros baixos para os trabalhadores. As casas eram espalhadas por diferentes áreas de Antofagasta para evitar a formação de guetos e promover a inserção dos trabalhadores na comunidade.²⁶

Nessa região do Chile, verificam-se diversos benefícios associados às atividades de mineração, que promoveram o desenvolvimento econômico e social. Os elevados indicadores, sobretudo econômicos, comprovam a percepção de que as atividades mineradoras locais ajudaram a promover o desenvolvimento regional.

Suécia, Finlândia e Noruega

As atividades de mineração na Europa estiveram bastante concentradas nos países nórdicos: até a década de 1970, eles respondiam por três quartos das atividades de produção mineral da União Europeia, se computadas as minas de cobre na Polônia. A exploração e a mineração são cruciais não somente para a oferta de minerais aos demais países europeus, mas também para o desenvolvimento regional das regiões nordeste da Suécia, da Finlândia e da Noruega.

No entanto, o declínio das atividades mineradoras nos anos 1970 teve consequências diversas em muitas comunidades da região. Algumas enfrentaram expressivos processos de reestruturação econômica, outras foram

²⁶ Castillo *et al.*, *op. cit.*

abandonadas depois do fechamento das minas. Os problemas decorrentes dessa fase de *bust* se estenderam até a década seguinte, quando foram adotadas diversas medidas políticas em cada um desses países.²⁷

O desenvolvimento da Suécia é historicamente associado à exploração de recursos naturais. Na primeira metade do século XVIII, o país era o principal fornecedor de barras de ferro do mundo e concentrava um grande número de pequenos produtores espalhados por todo o território. No século XX, a extração e o processamento de minerais e de madeira foram de grande importância para a industrialização da região nordeste da Suécia. Porém, as fortes oscilações nos preços dos metais e de outros minerais, em especial nos anos 1970 e 1980, colocaram em xeque a viabilidade das operações, causando o declínio das atividades locais de mineração.

Mesmo tendo perdido o brilho original, a Suécia ainda é um dos principais produtores de matéria-prima mineral da União Europeia. Em 2008, havia 15 operações em andamento no país, distribuídas por três regiões principais, com destaque para a de Västerbotten, que possui cerca de 250 mil habitantes e está localizada no nordeste do país (fazendo divisa com a Noruega). As atividades de mineração locais se iniciaram com a descoberta, em 1924, da mina Boliden, então o maior depósito de ouro do mundo. A região ainda é uma importante produtora de minerais, capitaneada pela empresa local LKAB, e foi responsável por um terço de toda a atividade de exploração mineral sueca entre 1990 e 2008.²⁸

No *cluster* de Västerbotten, um dos mais importantes da União Europeia, estão presentes cerca de 95 atividades relacionadas à mineração, como fornecedores de materiais e serviços, sobretudo nas áreas de apoio e suporte.²⁹ O desenvolvimento dessas atividades permitiu não apenas a criação de diversos postos de trabalho, mas também estimulou a formação de um amplo conjunto de capacitações entre os produtores locais.

Os projetos de mineração do nordeste da Suécia tiveram impactos positivos consideráveis sobre a economia e sobre o desenvolvimento regional. O principal foi o fomento de atividades econômicas diversificadas, por meio do aproveitamento do potencial econômico local e das políticas específicas

27 Johansson *et al.*, 1992.

28 Knoblock & Pettersson, 2010; Ejdemo & Söderholm, 2011.

29 Ejdemo & Söderholm, *op. cit.*

de aprofundamento dos relacionamentos entre setores. Esse conjunto de fatores fortaleceu a competitividade das empresas e reduziu a dependência de uma única atividade econômica.³⁰

Outro caso interessante, ainda que de menor peso relativo, é o da região de Bergslagen, um distrito a noroeste de Estocolmo, onde cerca de 60 minas funcionaram desde a época medieval. Bergslagen e as áreas adjacentes permaneceram no centro industrial do país, de modo que as inter-relações financeiras e comerciais entre os portos e o interior continuam fortes.

Na Finlândia, a história da mineração até a primeira metade do século XX também foi marcada por períodos intercalados de auge e de declínio. Por essa razão, as atividades mineradoras do país não estabeleceram comunidades locais importantes. Na década de 1970, o aumento das oscilações dos preços dos minerais determinou a desaceleração dessas atividades no país e o fechamento de várias minas.

Os primórdios das atividades mineradoras na Noruega remontam ao século XVI, associados a demandas de guerra. Durante os séculos XVIII e XIX, as minas eram as maiores unidades produtoras do país, e os produtos minerais, um dos principais produtos de exportação, ao lado dos pescados e da madeira. Assim como na Suécia, a indústria mineral na Noruega foi de fundamental importância para a industrialização, introduzindo, por exemplo, a noção de produção em larga escala.³¹

Quando as atividades de mineração se retraíram, ao longo da primeira metade do século XX, o Estado desempenhou um papel fundamental no restabelecimento das minas e na redução da vulnerabilidade dos preços. Para superar flutuações cíclicas, estabeleceu um fundo reserva para recuperar minas de cobre: em épocas de prosperidade, as empresas destinavam parte dos seus lucros para o fundo, que eram utilizados na manutenção da renda local em períodos de crise.³²

As cidades que cresceram ao redor das minas se tornaram especializadas em uma única atividade econômica. A forte dependência dos recursos naturais deu características peculiares às comunidades mineradoras da Noruega, mesmo quando comparadas a outras cidades que cresceram

30 Knoblock & Pettersson, *op. cit.*; Ejdemo & Söderholm, *op. cit.*

31 Dale, 2002.

32 Johansson *et al.*, *op. cit.*

impulsionadas por uma única indústria. As *mining towns* norueguesas costumam ser comunidades pouco populosas, afastadas dos grandes centros consumidores, embora não sejam geograficamente isoladas, como as canadenses. Há uma mistura de comunidades estabelecidas ainda nos séculos XVII e XVIII com outras mais recentes, cujo processo de desenvolvimento se acelerou após a segunda metade do século XX. Além disso, é comum que nas comunidades mais antigas várias gerações de mineradores tenham sido recrutadas em uma mesma família.³³

Quatro comunidades merecem destaque pela sua história de sobrevivência aos ciclos da mineração e pelo papel dinâmico na divisão espacial do trabalho: Lokken, Follidal, Malm e Royrvik. Localizadas na região central da Noruega, fizeram parte de nós centrais no processo de industrialização do país. Após a década de 1980, vêm enfrentando uma expressiva retração, mas todas têm planos de reestruturação para evitar que se transformem em cidades-fantasma.

Os *clusters* minerais dos países nórdicos apresentam características bastante distintas das experiências de outros países, em especial pela pequena extensão de suas comunidades mineradoras. Apresentam a criação de conexões importantes entre as atividades de mineração e as de apoio e suporte e esforços deliberados, muitas vezes coordenados pelo Estado, para o estabelecimento de políticas de redução das oscilações típicas da mineração.

Essas experiências guardam um aprendizado fundamental para a compreensão do caso brasileiro. A importância das atividades de mineração em algumas regiões do Brasil traz os embates típicos da área verificados em outros países. Os exemplos internacionais podem contribuir inspirando mecanismos de superação desse conjunto de problemas.

Mapeamento das regiões brasileiras com atividades mineradoras relevantes

A análise das relações entre a mineração e o desenvolvimento regional no Brasil será realizada por meio do mapeamento da distribuição regional das principais atividades de mineração e da caracterização dos elementos mais

33 Dale, *op. cit.*

importantes da estrutura produtiva local. O mapeamento vai permitir a investigação das relações entre a mineração e o desenvolvimento regional, por meio da aplicação de um conjunto de indicadores socioeconômicos. A comparação dos indicadores das regiões mineradoras aos de outras regiões brasileiras vai possibilitar a análise do potencial da mineração de promover o desenvolvimento regional no Brasil.

Para identificar as regiões mineradoras, foram utilizados os dados de empregos da Relação Anual de Informações Sociais do Ministério do Trabalho e do Emprego (RAIS/MTE), que possibilitam a desagregação no nível setorial até o nível das classes da atividade econômica e regional até o município.³⁴

Também foram utilizados os dados de arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), disponibilizados pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), ligado ao Ministério das Minas e Energia (MME).³⁵ Os dados da CFEM podem ser encontrados no nível dos municípios beneficiários e são um bom indicador da importância da produção mineral na região, mesmo que as alíquotas praticadas sejam distintas para os diferentes minerais, e seus preços variem de modo significativo.

Para a identificação das regiões com atividades de mineração no Brasil, foi utilizada a Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE 2.0). Dentre as classes que fazem parte das indústrias extrativas, foram selecionadas atividades econômicas que estão mais relacionadas com o setor de mineração.³⁶

34 A base de dados da RAIS, contudo, não incorpora atividades informais, o que pode ser um problema na análise da indústria extrativa. O preenchimento se dá por autodeclaração, sem qualquer análise de consistência dos dados inseridos. A base permite, ainda, que empresas diversificadas (multiproduto) insiram todas as informações em uma mesma classe da atividade econômica.

35 A CFEM é devida aos estados e municípios pelos agentes econômicos que exercem atividade de mineração para fins de exploração econômica. É uma contraprestação da utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios e incide sobre o faturamento líquido obtido quando da venda do produto mineral ou da sua transformação industrial (www.dnpm.gov.br).

36 Foram selecionadas as atividades econômicas minério de ferro (classe 0710-3); minério de alumínio (classe 0721-9); minério de estanho (classe 0722-7); minério de manganês (classe 0723-5); minério de metais preciosos (classe 0724-3); minerais metálicos não ferrosos não especificados anteriormente (classe 0729-4); minerais para fabricação de adubos, fertilizantes e outros produtos químicos (classe 0891-6); gemas (pedras preciosas e semipreciosas – classe 0893-2); minerais não metálicos não especificados anteriormente (classe 0899-1) e atividades de apoio à extração de minerais, exceto petróleo e gás natural (classe 0990-4). Todas, com exceção da última, são atividades de extração.

Distribuição regional do emprego nas atividades mineradoras por estado

A partir da seleção das atividades econômicas, foram identificados os principais estados que possuem atividades de mineração no Brasil. Para isso, utilizou-se a distribuição regional, por estado, do volume total de emprego nas atividades selecionadas, como mostra a tabela 1.³⁷

Tabela 1 – Distribuição regional do emprego nas atividades de mineração no Brasil, por estado

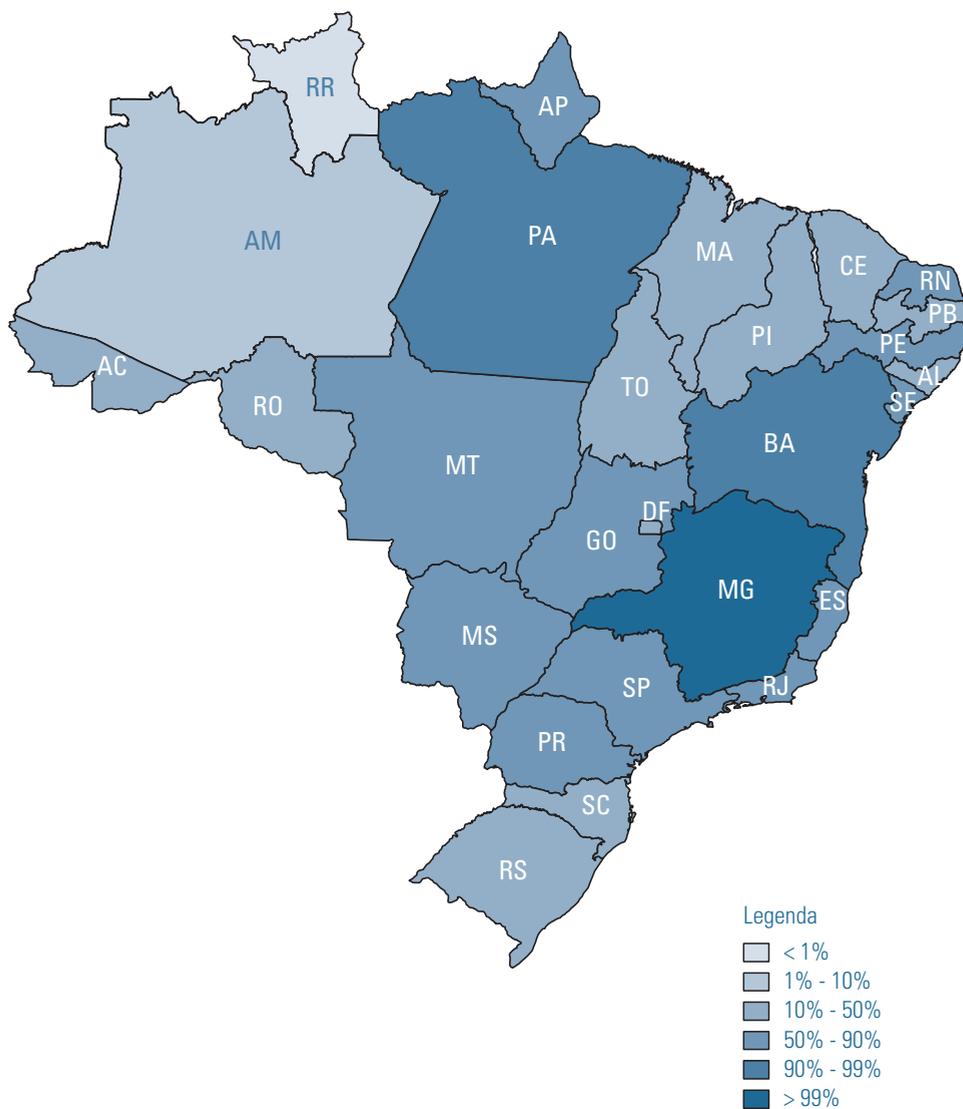
UF	Ferro	Metais preciosos	Outros	Total	% do país
Minas Gerais	18.985	5.017	9.321	33.323	45,2
Pará	7.078	370	2.632	10.080	13,7
Bahia	274	1.347	3.939	5.560	7,5
Goiás	22	1.074	3.593	4.689	6,4
Espírito Santo	2.628	0	934	3.562	4,8
Rio de Janeiro	2.651	99	561	3.311	4,5
São Paulo	40	119	2.423	2.582	3,5
Mato Grosso	1	934	310	1.245	1,7
Paraná	0	362	757	1.119	1,5
Mato Grosso do Sul	673	5	388	1.066	1,4
Amapá	585	151	120	856	1,2
Sergipe	0	0	855	855	1,2
Pernambuco	3	0	772	775	1,1
Paraíba	0	0	708	708	1,0
Rio Grande do Norte	56	91	500	647	0,9
Demais UFs	174	677	4.588	5.439	7,4
Total	33.111	10.155	30.421	73.687	

Fonte: RAIS/MTE, 2009.

O mapa 1, na página seguinte, foi construído a partir dos dados da tabela 1 e permite uma visão integrada da distribuição regional do emprego nas atividades de mineração no Brasil.

37 É importante lembrar que os dados da RAIS/MTE se referem ao volume de empregos formais, de modo que as atividades econômicas com elevada informalidade tendem a ser subestimadas.

Mapa 1 – Distribuição regional do número de empregados nas atividades selecionadas



Fonte: RAIS/MTE, 2009.

Pode-se verificar que as atividades mineradoras se concentram em Minas Gerais, com mais de 33 mil empregos, que representam pouco mais de 45% do total. O segundo estado mais importante é o Pará, com cerca de 13% do total, seguido da Bahia (7,5%) e de Goiás (6,4%). Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul, Amapá e Sergipe também têm participações consideráveis.

Algumas regiões podem estar subestimadas, sobretudo pela elevada informalidade, porém, há outras cujas atividades mineradoras são pouco importantes mas têm um elevado volume de emprego. Isso pode estar relacionado ao fato de a análise contemplar atividades de apoio, como logística e administração.³⁸ Mesmo que sejam encontrados desvios como esse, é possível construir um quadro abrangente da distribuição regional das atividades mineradoras. A distribuição regional das atividades de apoio à extração de minerais (classe 0990-4) pode ser conferida na tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição regional do emprego das atividades de apoio à mineração, por estado

UF	Atividades de apoio à mineração	% do país
Minas Gerais	940	27,2
Goiás	341	9,9
Bahia	267	7,7
Rio Grande do Norte	234	6,8
Paraná	202	5,8
Rio Grande do Sul	190	5,5
São Paulo	187	5,4
Santa Catarina	165	4,8
Rio de Janeiro	152	4,4
Espírito Santo	150	4,3
Demais UFs	633	18,3
Total	3.461	

Fonte: RAIS/MTE, 2009.

38 É por essa razão que os estados do Espírito Santo e do Rio de Janeiro têm um grande volume de emprego gerado nas atividades de mineração. Mesmo que não haja atividades de exploração mineral nesses estados, eles sediam importantes operações de apoio e suporte à atividade mineradora de algumas grandes empresas que atuam no Brasil.

Essas atividades envolvem, sobretudo, a prestação de serviços especializados, como prospecção e análise geológica, além de perfurações e reperforações necessárias para realizar análise de áreas de mineração.

Assim como aconteceu com a distribuição regional das atividades de exploração mineral, as atividades de apoio à mineração estão concentradas no estado de Minas Gerais (que responde por 27,2% do emprego total na classe), ainda que em menor grau do que o observado na exploração mineral.

Distribuição regional do emprego nas atividades mineradoras por microrregião geográfica

Analisar um grau menor de desagregação geográfica permite identificar de modo muito mais preciso as principais regiões mineradoras do país. A tabela 3, apresentada na próxima página, mostra as mesmas informações a respeito do volume de emprego das atividades relacionadas à mineração selecionadas para o estudo, mas agora no nível das microrregiões geográficas.³⁹

A microrregião de Itabira, no estado de Minas Gerais, destaca-se como responsável pelo emprego de quase 12 mil pessoas em atividades mineradoras, o que representa 15,3% do volume total de emprego nas classes selecionadas para a análise.

A segunda microrregião mais importante é a de Parauapebas, no estado do Pará, com quase 7 mil empregados e participação de 9% no total de empregos nas atividades relacionadas à mineração.

Em seguida, encontram-se as microrregiões de Belo Horizonte (MG), com mais de 6 mil empregos nas classes selecionadas (correspondendo a 8% do total); Rio de Janeiro, com quase 3 mil empregos (3,9% do volume total); Ouro Preto (MG), com mais de 2.800 empregos (3,7% do volume total), e Conselheiro Lafaiete (MG), com mais de 2.300 empregos (3% do volume total).

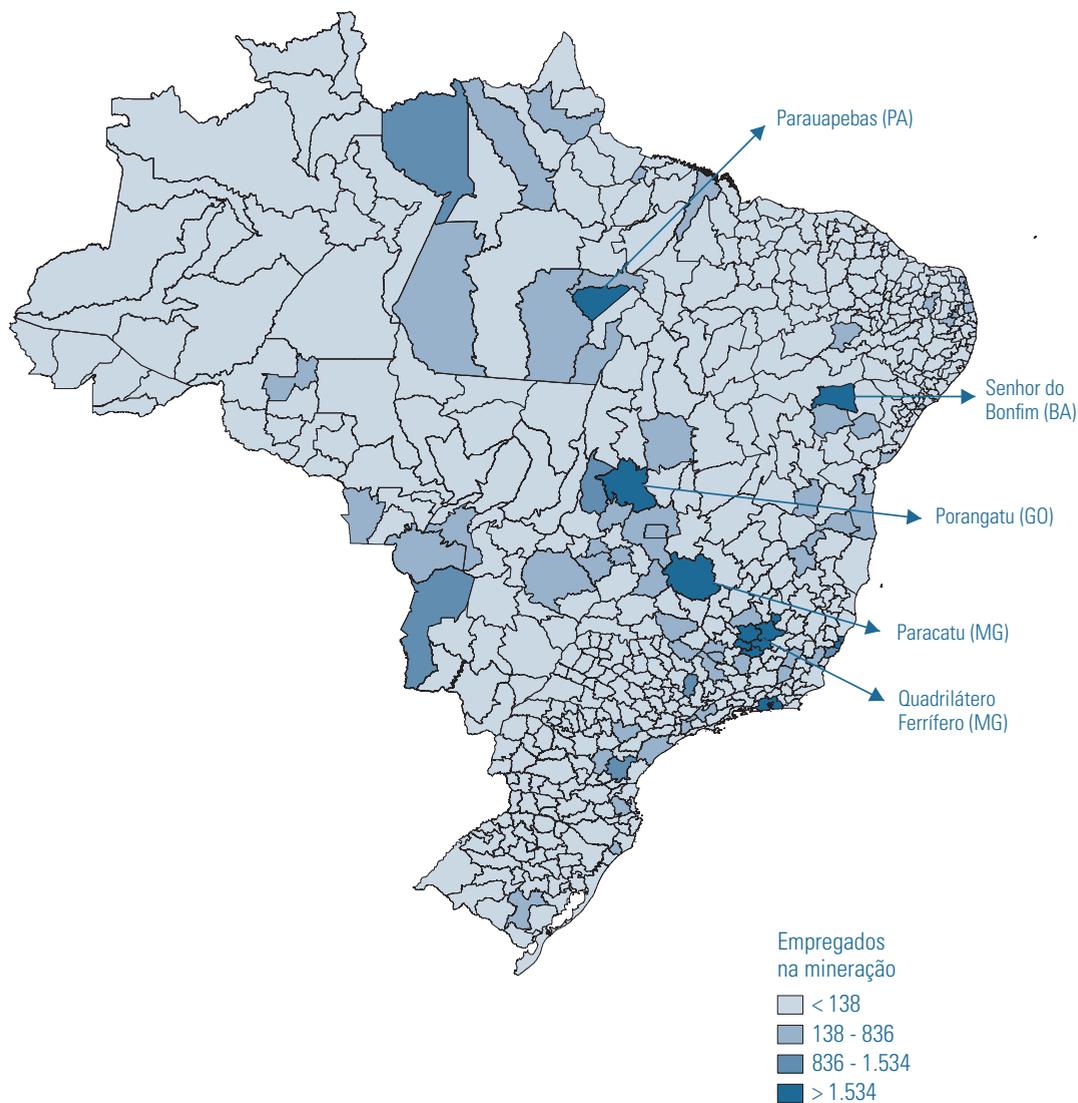
39 As microrregiões geográficas são um agrupamento de municípios limítrofes criado pelo IBGE para fins de estatísticas econômicas e demográficas. No Brasil, existem 558 microrregiões nas 27 unidades da federação. Para efeitos de comparação, registre-se que o Brasil possui 5.560 municípios.

Tabela 3 – Distribuição regional do emprego nas atividades de mineração no Brasil, por microrregiões geográficas

Microrregiões	UF	Volume de emprego	% do país
Itabira	MG	11.819	15,3
Parauapebas	PA	6.916	9,0
Belo Horizonte	MG	6.144	8,0
Rio de Janeiro	RJ	2.998	3,9
Ouro Preto	MG	2.849	3,7
Conselheiro Lafaiete	MG	2.322	3,0
Paracatu	MG	2.030	2,6
Porangatu	GO	1.992	2,6
Senhor do Bonfim	BA	1.938	2,5
Vitória	ES	1.749	2,3
Itaguara	MG	1.737	2,3
Poços de Caldas	MG	1.418	1,8
Óbidos	PA	1.326	1,7
Guarapari	ES	1.036	1,3
Baixo Pantanal	MS	990	1,3
São Miguel do Araguaia	GO	940	1,2
Curitiba	PR	876	1,1
Jacobina	BA	832	1,1
Baixo Cotinguiba	SE	805	1,0
Brumado	BA	765	1,0
Varginha	MG	764	1,0
Araxá	MG	740	1,0
Macapá	AP	721	0,9
Serrinha	BA	714	0,9
São Paulo	SP	579	0,8
Demais microrregiões		22.148	28,7
Total		77.148	

Fonte: RAIS/MTE, 2009.

Mapa 2 – Distribuição regional do emprego nas atividades de mineração, classes selecionadas



Fonte: RAIS/MTE, 2009.

Entre as seis principais microrregiões nas quais as atividades de mineração se destacam, é possível identificar os dois principais polos mineradores brasileiros: a região de Minas Gerais conhecida como *Quadrilátero Ferrífero*, que compreende Itabira, Belo Horizonte, Ouro Preto e Conselheiro Lafaiete, e a microrregião de Parauapebas, na região do Carajás (PA).⁴⁰ No mapa 2, na página anterior, é possível visualizar a distribuição do emprego nas atividades de mineração entre as microrregiões.

O uso dos dados de emprego pode superestimar a importância de regiões que possuem atividades mais organizadas de mineração, muitas vezes coordenadas por uma grande empresa local. Por outro lado, pode subestimar a relevância de regiões onde a atividade de mineração tem relações contratuais não formalizadas. Para cotejar os dados do volume de emprego gerado nas atividades mineradoras no Brasil, foram utilizadas informações sobre a arrecadação da CFEM, agregadas por microrregião, como mostra a tabela 4, na página seguinte.

A análise dos dados da arrecadação da CFEM mostra um cenário muito semelhante ao do volume de emprego. A microrregião mais importante é Parauapebas (PA), que respondeu por quase um quarto da arrecadação total, seguida por quatro microrregiões que compõem o Quadrilátero Ferrífero: Itabira, Belo Horizonte, Ouro Preto e Conselheiro Lafaiete. Depois, aparecem algumas microrregiões que possuem importante atividade de mineração, como Óbidos (PA), Porangatu (GO) e Paracatu (MG).

Essa análise, que pode ser visualizada no mapa 3, na página 126, traz algumas microrregiões que não apareciam nos dados do volume de emprego. Esse resultado pode ser um indicador de que, em algumas microrregiões, as atividades de mineração possuem um elevado grau de informalização, em especial nas relações trabalhistas. Também é possível que algumas minas estejam localizadas em um município, para onde são destinados os recursos da CFEM, e a sede da empresa, onde são registrados os trabalhadores, seja em um município vizinho. Dentre essas microrregiões, destacam-se: Paragominas, Guamá e Marabá (PA); Cotinguiba (SE); Catalão (GO) e Ilhéus-Itabuna (BA).

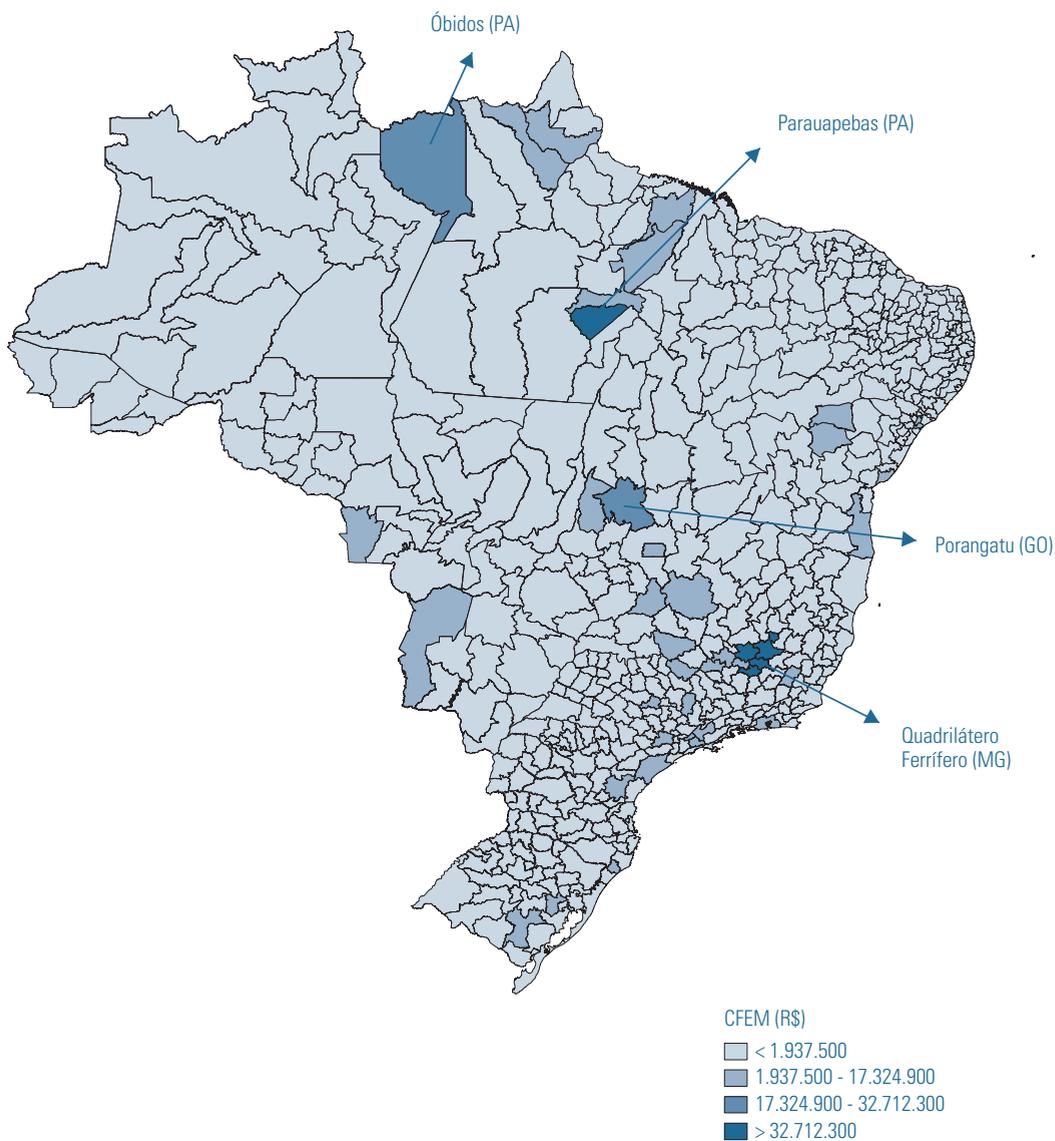
40 A microrregião do Rio de Janeiro também aparece com um grande volume de emprego nas atividades de mineração. Todavia, esse índice elevado é devido a operações de apoio às atividades de mineração no Rio de Janeiro, uma vez que a cidade é sede do escritório central de grandes empresas mineradoras. Por essa razão, esses empregos não estão ligados a operações de exploração mineral propriamente dita. Ver nota 38.

Tabela 4 – Distribuição regional da arrecadação da CFEM no Brasil, por microrregiões

Microrregião	UF	Arrecadação (R\$ milhões)	Participação na arrecadação nacional (%)
Parauapebas	PA	256,30	23,67
Itabira	MG	170,90	15,77
Belo Horizonte	MG	140,00	12,92
Ouro Preto	MG	121,50	11,22
Conselheiro Lafaiete	MG	37,50	3,46
Óbidos	PA	30,90	2,85
Porangatu	GO	30,50	2,82
Paracatu	MG	15,90	1,47
Itaguara	MG	14,50	1,34
Baixo Pantanal	MS	14,10	1,30
Araxá	MG	11,30	1,05
Paragominas	PA	10,90	1,01
Macapá	AP	9,70	0,89
Cotinguiba	SE	9,40	0,87
Senhor do Bonfim	BA	8,40	0,78
Guamá	PA	8,30	0,77
Catalão	GO	7,40	0,68
Baixo Cotinguiba	SE	6,20	0,58
Marabá	PA	6,10	0,57
Ilhéus-Itabuna	BA	5,60	0,51
Demais microrregiões		167,70	15,48
Total		1.083,10	

Fonte: DNPM/MME, 2010.

Mapa 3 – Distribuição regional da arrecadação da CFEM, em R\$, nas microrregiões brasileiras



Fonte: DNPM/MME, 2010.

Tipologia das microregiões mineradoras no Brasil

Para completar o mapeamento, foi feita uma análise dos padrões de especialização das microrregiões brasileiras que possuem atividades importantes de mineração na sua estrutura produtiva. A investigação do padrão de especialização permite verificar dois parâmetros relevantes para a compreensão da dinâmica dessas microrregiões: o peso da atividade local de mineração no contexto regional e nacional e a importância das atividades mineradoras para a economia local.

O primeiro indicador utilizado foi o quociente locacional (QL), que permite verificar a especialização produtiva de uma determinada região a partir da razão entre o peso da classe selecionada na indústria local e o peso dessa mesma classe no total do estado. Se o QL for superior a 1, existe uma especialização relativa daquela atividade na região. O segundo indicador aplicado foi o *horizontal cluster* (HC), que permite, ao contrário do QL, a comparação da especialização das diferentes microrregiões. O HC é calculado pela diferença entre o volume de emprego da região na classe industrial selecionada e o total de empregos que tornaria o QL igual a 1. Por apresentar dados absolutos, o HC permite a comparação entre microrregiões.

Para o mapeamento das atividades, foram selecionados os estados nos quais alguma microrregião aparece dentre as vinte com maior arrecadação da CFEM: Minas Gerais, Pará, Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Amapá e Sergipe. Alguns dos estados que possuem elevada participação na geração do emprego não foram inseridos porque não possuem regiões mineradoras importantes.⁴¹

Após a escolha dos estados, foram selecionadas microrregiões responsáveis por ao menos 5% do emprego total nas atividades mineradoras do estado. Por meio desse critério, foi possível identificar apenas as regiões nas quais as atividades de mineração têm elevada importância econômica em relação ao conjunto das atividades mineradoras do estado. Por fim, foram acrescentadas as microrregiões que possuíam elevada arrecadação da CFEM e não apareceram no mapeamento do volume do emprego. Esse critério teve como objetivo abarcar no mapeamento os lugares onde as relações trabalhistas eram pouco formalizadas.

41 Em alguns casos, como no dos estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, a exclusão do mapeamento se deu pelo fato, já apontado, de que não se tratam de atividades de exploração mineral propriamente ditas. Ver notas 38 e 40.

O uso conjugado desses critérios permitiu a seleção de 26 microrregiões brasileiras que possuem importante atividade de mineração, que podem ser visualizados no mapa 4 (p. 129): Araxá, Conselheiro Lafaiete, Belo Horizonte, Itabira, Itaguara, Paracatu e Ouro Preto (MG); Paragominas, Guamá, Marabá, Parauapebas e Óbidos (PA); Ilhéus-Itabuna, Serrinha, Brumado, Jacobina e Senhor do Bonfim (BA); Catalão, Anicuns, São Miguel do Araguaia e Porangatu (GO); Baixo Pantanal (MS); Mazagão e Macapá (AP); Cotinguiba e Baixo Cotinguiba (SE).

Para investigar o padrão de especialização da estrutura produtiva local, foram mensurados o grau de especialização nas atividades de mineração (por meio do QL) e a importância econômica das atividades de mineração na região (pelo volume de emprego nas atividades selecionadas). A partir desses parâmetros, foram estabelecidos critérios de corte para definir uma tipologia das características da estrutura produtiva das atividades de mineração, na qual foram enquadrados quatro tipos de regiões mineradoras.

As microrregiões do tipo Núcleo Especializado em Mineração, apresentadas na tabela 5, se caracterizam por um elevado volume de emprego nas atividades de mineração (superior a mil funcionários) e um índice de especialização superior a 3 (ou 5 para as microrregiões de Minas Gerais).⁴² A importância das atividades de mineração nessas microrregiões é elevada, não apenas para a economia local, mas também para o setor como um todo.

Tabela 5 – Núcleo Especializado em Mineração

Microrregiões	UF	% do emprego total das atividades mineradoras no estado	QL	Nº de empregados
Itabira	MG	34,5	13,8	11.819
Parauapebas	PA	68,1	7,1	6.916
Ouro Preto	MG	8,3	7,7	2.849
Paracatu	MG	5,9	8,7	2.030
Porangatu	GO	39,6	15,6	1.992
Senhor do Bonfim	BA	33,3	25,5	1.938
Itaguara	MG	5,1	12,9	1.737
Óbidos	PA	13,1	6,9	1.326

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da RAIS/MTE, 2009.

42 Foi utilizado um critério diferente para o índice de especialização de Minas Gerais em razão do elevado volume de emprego nas atividades de mineração no estado, o que torna o padrão local de especialização diferente.

O segundo tipo, sistematizado na tabela 6, foi chamado de Mineração e Diversificação, pois compreende as microrregiões com volume de emprego superior a mil funcionários, mas de especialização inferior a 3 (ou 5, para Minas Gerais). Isso significa que as atividades locais de mineração são importantes para o estado (e em muitos casos para o Brasil), mas estão envoltas em um conjunto diversificado de atividades econômicas.

Tabela 6 – Mineração e Diversificação

Microrregiões	UF	% do emprego total das atividades mineradoras no estado	QL	Nº de empregados
Belo Horizonte	MG	17,9	0,7	6.144
Conselheiro Lafaiete	MG	6,8	4,9	2.322

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da RAIS/MTE, 2009.

O tipo Mineração e Vetor de Desenvolvimento reúne microrregiões com volume de emprego inferior a mil empregados, mas com índice de especialização superior a 3, como mostra a tabela 7. Nessas microrregiões, as atividades locais de mineração são muito importantes para a estrutura produtiva local, mas têm participação menos relevante na indústria extrativa mineral do estado ou do país.

Tabela 7 – Mineração e Vetor de Desenvolvimento

Microrregiões	UF	% do emprego total das atividades mineradoras no estado	QL	Nº de empregados
Baixo Pantanal	MS	91,7	40,59	990
São Miguel do Araguaia	GO	18,7	10,78	940
Jacobina	BA	14,3	12,36	832
Baixo Cotinguiba	SE	93,9	8,97	805
Brumado	BA	13,1	16,28	765
Serrinha	BA	12,6	4,73	714
Anicuns	GO	9,7	3,27	426

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da RAIS/MTE, 2009.

As microrregiões com Atividades Embrionárias de Mineração possuem volume de emprego inferior a mil empregados nas atividades de mineração e índice de especialização inferior a 3. São caracterizadas pela existência de atividades de mineração importantes, mas com baixo peso relativo na indústria extrativa da região, do estado e do país.

Tabela 8 – Atividades Embrionárias de Mineração

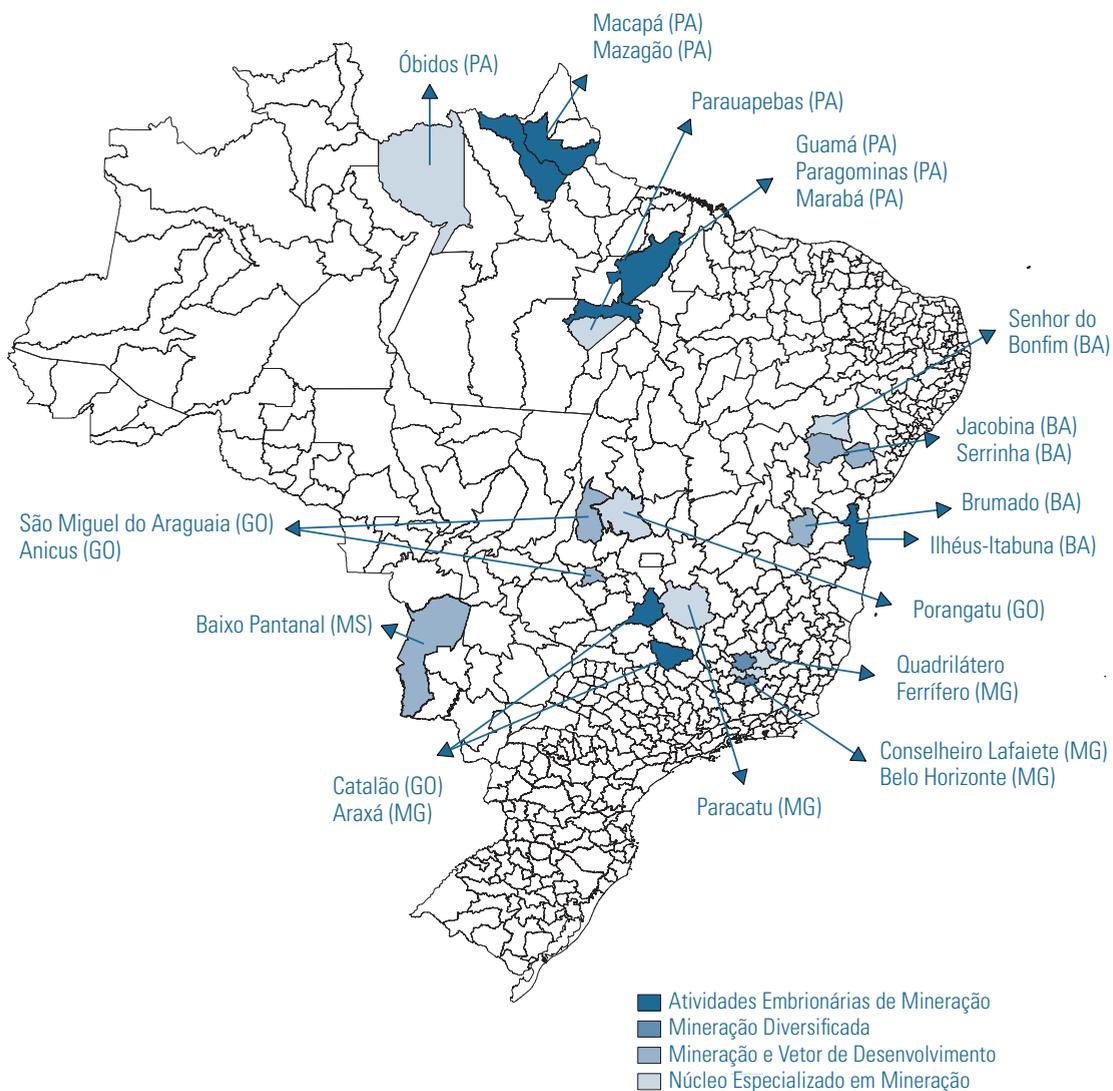
Microrregiões	UF	% do emprego total das atividades mineradoras no estado	QL	Nº de empregados
Araxá	MG	2,2	1,9	740
Macapá	AP	83,8	0,9	721
Catalão	GO	8,5	2,1	488
Ilhéus-Itabuna	BA	8,3	1,4	484
Marabá	PA	1,9	0,3	192
Mazagão	AP	16,1	2,8	138
Guamá	PA	1,4	0,5	137
Paragominas	PA	0,0	0,0	0
Cotinguiba	SE	0,0	0,0	0

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da RAIS/MTE, 2009.

Entre as microrregiões do tipo Núcleo Especializado em Mineração (tabela 5), Itabira apresenta um índice de especialização de 13,8, com índices de especialização elevados em três classes de atividades ligadas à mineração: na extração de minério de ferro (de 22,5), de gemas (25,6) e nas atividades de apoio à extração de minerais (12,5). No total, as atividades econômicas selecionadas somam quase 12 mil empregos, o que representa 34,5% do volume do emprego total das atividades mineradoras no estado de Minas Gerais e 15,3% no Brasil.

Parauapebas tem um índice de especialização de 7,1 e é responsável por quase 7 mil empregos. Nessa microrregião, destaca-se a extração de minério de ferro, cujo índice de especialização alcança 10,2. Também é relevante um conjunto de atividades associadas, como a fabricação de máquinas para uso em atividades de extração mineral (QL de 9,2 e 72 empregados), de obras de caldeiraria pesada (QL de 9,2 e 75 empregados), de máquinas e equipamentos de uso geral (QL de 8,8 e 131 empregados), serviços de usinagem e solda (QL de 5,2 e 69 empregados) e de manutenção e reparação de máquinas (QL de 3,2 e 211 empregados).

Mapa 4 – Localização das microrregiões que possuem atividades mineradoras importantes



Fonte: elaboração própria a partir de dados da CFEM/RAIS

A presença de atividades de suporte à mineração mostra que a especialização da estrutura produtiva das microrregiões do tipo Núcleo Especializado de Mineração é capaz de fomentar outras atividades ligadas às bases produtivas da mineração. Verifica-se, nesses casos, a criação de um conjunto de empreendimentos de suporte, que possibilita a acumulação de novas capacitações a partir das atividades de mineração.

Belo Horizonte e Conselheiro Lafaiete, em Minas Gerais, configuram o segundo tipo de microrregião, denominado Mineração e Diversificação (tabela 6), que tem como característica principal a presença de atividades mineradoras importantes e um conjunto diversificado de atividades produtivas.

Na microrregião de Conselheiro Lafaiete, por exemplo, verificam-se elevados índices de especialização nas atividades de mineração, como na extração de minério de ferro (QL de 8,2 e 2.130 empregados), de minerais não metálicos (QL de 2,6 e 158 empregados) e nas atividades de apoio à extração de minerais (QL de 2,5 e 32 empregados). Ao mesmo tempo, nota-se uma estrutura produtiva bastante complexa e diversificada, compreendendo atividades econômicas ligadas à base produtiva mineral, como siderurgia e bens de capital.

As microrregiões do tipo Mineração e Vetor de Desenvolvimento, apresentadas na tabela 7, destacam-se pela grande importância das atividades de mineração para a economia local, como denotam os elevados índices de especialização, embora a contribuição ao setor nos âmbitos estadual e nacional não seja tão relevante.

A microrregião do Baixo Pantanal (MS), que compreende a cidade de Corumbá, mostra esse fenômeno com clareza: os elevados índices de especialização nas classes de extração de minério de ferro (QL de 44,3 e 673 empregados) e de manganês (QL de 44,3 e 299 empregados) demonstram a importância das atividades mineradoras para a economia apenas no âmbito local.

Como visto, o tipo Atividades Embrionárias de Mineração é caracterizado por uma modesta especialização (QL abaixo de 3) e um baixo volume de emprego em relação ao total das atividades mineradoras no estado ou no país, conforme apresentado na tabela 8.

Araxá (MG) possui elevados índices de especialização em duas classes: extração de minérios para fabricação de adubos e fertilizantes (45,4) e de minérios não metálicos (10,2). Macapá (AP) apresenta elevados volumes de emprego, especialmente em extração de minério de ferro (QL de 1,1 e 583 empregados) e de manganês (QL de 1,1 e 11 empregados). Catalão (GO)

caracteriza-se por um elevado índice de especialização nas atividades de extração de minérios para a fabricação de adubos e fertilizantes (QL de 16 e 424 empregados). Marabá (PA) exibe uma elevada especialização nas atividades de extração de minérios de manganês (QL de 12,3 e 140 empregos) e de apoio à extração mineral (QL de 7,8 e 37 empregos).

Indicadores regionalizados

O mapeamento das regiões que possuem atividades mineradoras importantes no Brasil e o levantamento de algumas características da sua estrutura produtiva permitem a investigação das relações entre a mineração e o desenvolvimento regional. Para isso, foram elaborados indicadores socioeconômicos e de ciência, tecnologia e inovação.⁴³

A análise dos indicadores socioeconômicos permite verificar a contribuição das atividades mineradoras para o desenvolvimento regional. A aplicação dos indicadores de ciência, tecnologia e inovação possibilita a análise da relação entre essas atividades e a acumulação de novas capacitações na estrutura produtiva local.

Indicadores socioeconômicos

O primeiro dos indicadores socioeconômicos é a evolução do PIB a preços correntes, no período 1999-2008.⁴⁴ Em termos gerais, verifica-se que o PIB das regiões mineradoras do Brasil apresentou um crescimento elevado,

43 Os indicadores socioeconômicos foram levantados nas bases de dados do IBGE (PIB, população e PIB *per capita*, no período de 1999 a 2008, e unidades locais, população ocupada e assalariados, salários e outros tipos de remuneração, tamanho médio das unidades locais e salário médio da população ocupada do ano de 2008) e da RAIS (número de empregados na indústria e na mineração, número de estabelecimentos na indústria e na mineração, tamanho médio dos estabelecimentos na indústria e na mineração e salário médio na indústria e na mineração, no período de 2006 a 2009). Os indicadores de ciência, tecnologia e inovação também foram extraídos da base de dados da RAIS, no período de 2006 a 2009 (formação de mão de obra na indústria em nível superior e de pós-graduação, formação de mão de obra na mineração em nível superior e de pós-graduação, ocupações tecnológicas na indústria e na mineração e ocupações técnicas na indústria e na mineração).

44 Foram utilizados os dados de PIB municipal a preços correntes porque o IBGE não disponibiliza os dados de PIB a preços constantes. O principal argumento do instituto é a inexistência de indicadores de preços regionalizados que permitam deflacionar os dados de forma correta.

que pode ter sido influenciado pela expansão econômica constatada no país durante esse período. Foi feita, então, uma comparação com o crescimento do país, revelando que o conjunto das regiões mineradoras apresentou uma expansão 25% superior ao crescimento do PIB a preços correntes no Brasil. Nas microrregiões do tipo Núcleo Especializado em Mineração, o crescimento foi ainda maior: 53% acima da taxa nacional observada no mesmo período. A microrregião de Parauapebas (PA) se destacou por superar em 2,5 vezes o crescimento do PIB a preços correntes no país.

Na microrregião do Baixo Pantanal (MS), o crescimento superou em 2,28 vezes a taxa verificada no Brasil. Em Marabá (PA), o crescimento foi 2,27 vezes superior ao brasileiro. No Baixo Cotinguiba (SE), onde se localiza a cidade de Rosário do Catete, o aumento do PIB a preços correntes foi 2,14 vezes maior do que o nacional.

Essas elevadas taxas revelam o dinamismo econômico das regiões mineradoras do Brasil durante a década de 2000. Como foram considerados dados de PIB a preços correntes, parte desse crescimento deve ser atribuída à elevação dos índices de preços dos produtos minerais nesse período.

A evolução da população nessas regiões permite verificar se o crescimento do PIB a preços correntes esteve associado a algum tipo de efeito de massa, ligado a um crescimento demográfico acima da média brasileira. Essa análise também leva em conta o processo de *boom and bust* característico das regiões mineradoras, responsável pelo crescimento explosivo da população.⁴⁵

A análise desse indicador revela importantes diferenças no crescimento demográfico das regiões mineradoras. Algumas microrregiões, como Parauapebas (PA), Macapá (AP), Mazagão (AP), Guamá (PA) e Paragominas (PA), apresentaram crescimento demográfico superior à média brasileira, ao contrário de outras, como Paracatu (MG), Itabira (MG) e Itaguara (MG), que ficaram abaixo da média do país. Nesse sentido, é difícil estabelecer um padrão para o crescimento demográfico das regiões mineradoras do Brasil, uma vez que, no geral, apresentaram um crescimento médio semelhante ao verificado no país.⁴⁶

45 Ver nota 10.

46 Um dos fatores que parece influenciar a dinâmica populacional das regiões mineradoras brasileiras é a idade da mina em operação nas regiões: minas que foram descobertas mais recentemente tenderiam a apresentar um maior crescimento populacional. Todavia, não foram encontrados dados sistematizados sobre a idade das minas no Brasil, o que impediu fazer essa associação de modo mais acurado.

O exame das microrregiões enquadradas na categoria Núcleos Especializados em Mineração permite associar com maior precisão eventuais crescimentos da população e as atividades mineradoras. Nessas microrregiões, o crescimento populacional foi próximo ao brasileiro. Parauapebas (PA) se destacou por apresentar uma taxa de crescimento populacional 32% acima da verificada no Brasil no período de 1999 a 2008. Essa expansão da população revela a importância das atividades mineradoras locais para o dinamismo da região, mas pode ser um indicador de um processo de crescimento acelerado e desordenado decorrente da expansão da mineração, relacionado ao processo de *boom and bust*.

Outro indicador elaborado para as microrregiões mineradoras é a evolução do PIB *per capita*, que mostra o crescimento da renda média da população local.⁴⁷ A análise desses dados reforça o dinamismo dessas regiões, que apresentaram um índice de crescimento do PIB *per capita* 49% superior ao do Brasil durante o período de 1999 a 2008. Esse crescimento pode não estar diretamente relacionado às atividades de mineração, em especial nas regiões mais diversificadas. No entanto, nas regiões especializadas, essa expansão pode ser atribuída ao dinamismo das atividades mineradoras, com reflexos importantes sobre o nível de renda e o desenvolvimento econômico locais.

Microrregiões como Parauapebas (PA), Itaguara (MG) e Ouro Preto (MG) apresentam um crescimento do PIB *per capita* 70% acima do índice brasileiro. Outras microrregiões, como Porangatu (GO), Itabira (MG) e Senhor do Bonfim (BA), tiveram um crescimento cerca de 40% superior ao do país. Nesses casos, parece importante ressaltar os efeitos positivos das atividades mineradoras na geração de renda para a população local.

Nas microrregiões do tipo Vetor de Desenvolvimento e Mineração, é possível encontrar taxas ainda maiores de crescimento, como no Baixo Pantanal (MS) e no Baixo Cotinguiaba (SE), que superaram em mais de duas vezes a expansão do PIB *per capita* no Brasil durante o período analisado.

Os dados de evolução do PIB *per capita* mostram que as regiões mineradoras apresentaram um dinamismo elevado, mesmo em comparação à expansão da economia brasileira em geral no mesmo período. As regiões mineradoras apresentaram um desempenho bastante positivo, com efeitos importantes sobre a renda local e sobre o desenvolvimento regional.

47 Assim, como os dados de evolução do PIB, os dados de PIB são a preços correntes e, portanto, apresentam as variações dos preços.

A partir dos dados de unidades locais, população ocupada, população ocupada assalariada, salários e outros tipos de remuneração foram elaborados dois indicadores que, apesar de não permitirem a desagregação setorial, são interessantes para a análise do desenvolvimento local. O primeiro é o tamanho médio das unidades locais, obtido pela razão entre a população ocupada e a quantidade de unidades locais. Esse indicador pode servir de aproximação da presença de grandes empresas, importante característica da estrutura produtiva local.

Analisando os dados das regiões mineradoras, pode-se perceber, no entanto, uma elevada heterogeneidade. Algumas regiões apresentam um tamanho médio das unidades locais significativamente superior ao brasileiro, que é de 9,0. A presença de unidades produtivas de grandes empresas foi notada em Parauapebas (PA – 19,0), Baixo Cotinguiba (SE – 18,5), Cotinguiba (SE – 15,2) e Macapá (AP – 15,1). Por outro lado, muitas das regiões apresentam um tamanho médio das unidades locais bastante inferior ao verificado no Brasil.

O outro indicador é o de salário médio, obtido pela razão entre a população ocupada e os salários e outros tipos de remuneração, que pode ser um indicador de desenvolvimento das regiões mineradoras. Vale lembrar que um dos argumentos da abordagem pessimista da mineração são os baixos salários pagos nas regiões mineradoras em razão de a demanda ser concentrada em poucas (às vezes em uma única) empresas.

Em Belo Horizonte e Conselheiro Lafaiete (MG), as duas microrregiões do tipo Mineração e Diversificação, o salário médio é próximo ao verificado no Brasil e superior ao do estado. Como se trata do salário médio de todas as atividades econômicas da região, é possível que esses valores estejam associados à diversidade das atividades econômicas locais – e não à mineração em si.

Por isso, parece mais interessante examinar os Núcleos Especializados em Mineração, onde se identifica uma elevada heterogeneidade. Duas microrregiões, contudo, se destacam por apresentar um indicador de salário médio superior ao verificado em seus respectivos estados: Ouro Preto (MG) e Parauapebas (PA). Em Ouro Preto, o salário médio é próximo ao brasileiro; em Parauapebas, 10% mais baixo do que o verificado no Brasil. Em Itabira, o salário médio é inferior ao brasileiro, mas bastante próximo do patamar do estado de Minas Gerais. Entre as microrregiões do tipo Mineração e Vetor de Desenvolvimento, destacam-se o Baixo Pantanal (MS), onde o salário médio é ligeiramente superior ao brasileiro, mas bastante superior ao do estado, e o Baixo Cotinguiba (SE), onde o salário médio é semelhante ao brasileiro e superior ao do estado.

Por um lado, os salários médios das regiões mineradoras são inferiores aos verificados no Brasil. Por outro, os salários médios brasileiros sofrem uma forte influência dos salários praticados nos grandes centros urbanos, onde existem elevados contingentes de trabalhadores empregados na indústria (com um peso elevado sobre a média) e costumam ser praticados salários mais elevados. Como muitas das regiões mineradoras são mais distantes dos grandes centros urbanos, é compreensível que os salários médios sejam mais baixos do que a média brasileira.

A evolução do número de empregados na mineração⁴⁸ permite uma elevada desagregação setorial e regional. A análise desse indicador revelou que as regiões mineradoras apresentaram um expressivo crescimento do volume de emprego nas atividades de mineração, da ordem de 2,63% ao ano. Nos Núcleos Especializados em Mineração, o crescimento foi bastante superior e atingiu o patamar de 4,75% ao ano. A tabela 9 mostra os casos de crescimento mais acentuado.

Tabela 9 – Destaques da evolução do número de empregados na mineração nas microrregiões do tipo Núcleos Especializados em Mineração

Microrregião	UF	Nº de empregados em 2006	Nº de empregados em 2009	Crescimento ao ano (%)
Parauapebas	PA	4.400	7.000	14,38
Itaguara	MG	750	1.737	32,90

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da RAIS/MTE, 2009.

Entre as microrregiões do tipo Vetor de Desenvolvimento e Mineração, o crescimento também foi expressivo, alcançando um patamar conjunto de 3,17% ao ano. O dinamismo apontado na análise da evolução do PIB também pôde ser verificado no crescimento do número de empregados nas atividades de mineração.⁴⁹

48 Todos os indicadores socioeconômicos seguintes foram elaborados a partir de dados da RAIS para o período de 2006 a 2009.

49 O elevado crescimento do emprego nas atividades mineradoras pode estar associado ao ciclo de crescimento que os preços atravessaram nos últimos anos – o que corresponde ao *boom* do fenômeno de *boom and bust*.

A evolução do número de estabelecimentos envolvidos nas atividades de mineração não apresentou variações significativas. Mesmo com o crescimento de diversos dos indicadores econômicos, não houve expansão no número de estabelecimentos, o que pode indicar uma concentração crescente da produção nas empresas maiores. Essa concentração pode ser mais bem analisada com os dados de tamanho médio dos estabelecimentos mineradores obtido pela razão entre o número de empregados e o número de estabelecimentos nas atividades de mineração da região.

O tamanho médio dos estabelecimentos mineradores no Brasil não apresentou um crescimento relevante no período de 2006 a 2009, se mantendo por volta dos 44,1 empregados por estabelecimento. Nos Núcleos Especializados em Mineração, esse indicador é significativamente superior: 306,1 empregados por estabelecimento. O mesmo fenômeno ocorre com os Vetores de Desenvolvimento e Mineração, com tamanho médio de 149,6. O elevado tamanho médio dos estabelecimentos mineradores nas microrregiões selecionadas mostra que parte importante das atividades de mineração no Brasil ocorre em grandes empresas, que podem se tornar vetores do desenvolvimento local, coordenando e convergindo suas atividades com ações públicas.

Tabela 10 – Destaques no tamanho médio dos estabelecimentos mineradores no Brasil

Microrregião	UF	Tipo	Nº de empregados por estabelecimento
Parauapebas	PA	Núcleo Especializado em Mineração	864,5
Itabira	MG	Núcleo Especializado em Mineração	787,9
Óbidos	PA	Núcleo Especializado em Mineração	663
Baixo Cotinguiba	SE	Vetor de Desenvolvimento e Mineração	402,5

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da RAIS/MTE, 2009.

A evolução do salário médio dos empregados nas atividades de mineração foi calculada pela razão entre os salários e o total de empregados nas

atividades mineradoras.⁵⁰ O crescimento dos salários na mineração foi superior ao dobro do crescimento do salário do total da indústria extrativa e de transformação. Na indústria brasileira, esse crescimento foi de 6,1% ao ano, e nas atividades mineradoras, de 12,5% ao ano. Mesmo antes da análise da evolução dos salários nas regiões mineradoras, é possível inferir que o dinamismo das atividades mineradoras no período de 2006 a 2009 no Brasil, traduzido na evolução de diversos dos indicadores analisados, teve impacto positivo sobre os salários dos trabalhadores dessa atividade. O aumento da renda do trabalhador da mineração foi um fator importante para o desenvolvimento regional.

Tomando apenas as 25 principais microrregiões em termos de empregos formais em atividades mineradoras, destacadas na tabela 3, o crescimento do salário médio foi ligeiramente menor, da ordem de 10,6% ao ano. Nos Núcleos Especializados em Mineração, o patamar foi de 8,1% ao ano, chamando a atenção as microrregiões de Parauapebas (PA), Porangatu (GO) e Itaguara (MG), onde o crescimento ultrapassou os 10% ao ano. Entre os Vetores de Crescimento e Mineração, a expansão do salário médio foi mais modesta, alcançando 6,7% ao ano.

Esses dados mostram que as atividades mineradoras têm proporcionado aumentos importantes nos salários dos trabalhadores brasileiros, com efeitos positivos para a geração da renda local e para o desenvolvimento regional. O salário médio cresceu mais, contudo, nas atividades mineradoras fora das microrregiões selecionadas, muito provavelmente nas áreas de apoio à mineração, como gestão corporativa, logística e pesquisa e desenvolvimento (P&D). Um indicador desse fenômeno é o expressivo crescimento do salário médio dos empregados no estado do Rio de Janeiro, onde estão localizados os escritórios centrais de algumas das grandes empresas que atuam no Brasil.

Indicadores de ciência, tecnologia e inovação

A aplicação dos indicadores de ciência, tecnologia e inovação⁵¹ às regiões mineradoras brasileiras se restringiu a indicadores de qualificação da mão

50 Dois pontos metodológicos devem ser mencionados. Primeiro, os dados de salário se referem ao salário nominal dos empregados. Segundo, foi excluída a categoria ignorados, o que torna o número de empregados utilizado no cálculo do salário médio menor do que o emprego total na região e nas atividades econômicas selecionadas.

51 Todos os indicadores de ciência, tecnologia e inovação foram elaborados a partir dos dados da RAIS para o período de 2006 a 2009.

de obra. O número de empregados com formação de pós-graduação (mestrado e doutorado) revela um volume reduzido de empregados com essa qualificação acadêmica nas atividades mineradoras no Brasil em geral: um total de 223 trabalhadores, representando uma participação menor do que 0,3% do total da indústria extrativa e de transformação.

Percebe-se, por outro lado, um crescimento expressivo do volume de empregados com pós-graduação nas atividades de mineração, que quase triplicou entre 2006 e 2009. Na indústria, esse volume se multiplicou por 2 no mesmo período. É importante frisar que essas elevadas taxas de crescimento decorrem, principalmente, de números absolutos bastante baixos.

Nas 25 microrregiões mineradoras destacadas na tabela 3, o volume de empregados com pós-graduação foi multiplicado por 2,3, totalizando 93 empregados em 2009. Isso significa que o crescimento mais relevante desse indicador se deu em regiões que não possuem atividades de mineração expressivas, e seus postos de trabalho estão associados a atividades de apoio, como gestão corporativa, P&D e logística.

As operações de extração de mineral parecem ser mais intensivas em mão de obra nas áreas técnicas e tecnológicas do que em recursos humanos com mestrado e doutorado. Belo Horizonte, uma microrregião do tipo Mineração e Diversificação, apresenta o maior volume de empregos com pós-graduação na mineração, além do maior crescimento desse indicador (33 empregados em 2009 e crescimento de 2,5 vezes), dando uma medida do número limitado de pessoas com formação científica empregadas em atividades de mineração.

Dentre os Núcleos Especializados em Mineração, o número de empregados com formação de nível de pós-graduação quase duplicou, totalizando 49 empregados em 2009. Nas microrregiões do tipo Mineração e Vetor de Desenvolvimento, o total foi de apenas 9 empregos. Muitas microrregiões sequer possuem trabalhadores com mestrado e doutorado nas atividades de mineração ou industriais em geral.

Por outro lado, o emprego de pessoal com nível de graduação nas atividades de mineração no Brasil apresentou crescimento médio de 11,5% ao ano no período 2006 a 2009. Na indústria extrativa e de transformação como um todo, esse índice foi de 6,8% ao ano durante o mesmo período, revelando que a participação das atividades mineradoras na geração de empregos qualificados aumentou nos últimos anos. Também cresceu a participação

dos trabalhadores com nível superior no total dos empregados na mineração no Brasil: de 10,6%, em 2006, para 14,0%, em 2009.

Tomando apenas as 25 microrregiões destacadas na tabela 3, também se verifica um crescimento expressivo, da ordem de 7,4% ao ano. Assim como apontado pelo indicador de volume de empregados com pós-graduação, Belo Horizonte foi a microrregião com maior volume de emprego com nível superior nas atividades mineradoras. Da mesma forma, os empregos qualificados nessa microrregião do tipo Mineração e Diversificação se devem não apenas às atividades de operação de minas, mas também às atividades de apoio de empresas que atuam no local.

As regiões enquadradas na categoria Núcleos Especializados em Mineração empregavam mais de 3 mil trabalhadores com nível superior em 2009, um crescimento de 6,23% ao ano em relação a 2006.

Tabela 11 – Destaques do crescimento do volume de trabalhadores com nível superior nas microrregiões do tipo Núcleo Especializado em Mineração

Microrregião	UF	Nº de empregados com graduação (2009)	Crescimento ao ano (%)
Parauapebas	PA	987	22,00
Ouro Preto	MG	360	12,04
Porangatu	GO	252	15,13

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da RAIS/MTE, 2009.

Nas regiões especializadas, os empregos qualificados estão concentrados nas atividades de mineração. Em Parauapebas, por exemplo, 95,5% dos empregos com nível superior na indústria extrativa e de transformação estavam concentrados na área da mineração em 2009. Em Itabira, esse percentual era de 75,5%, em Ouro Preto, de 64,5%, e em Porangatu, de 69,2%. Isso significa que as atividades de mineração são capazes de formar ou atrair um contingente relevante de trabalhadores qualificados, com efeitos positivos sobre a renda local e o desenvolvimento regional. Por outro lado, a elevada participação das atividades mineradoras no total de empregos qualificados é um indicador da elevada especialização da estrutura produtiva local.

Nas regiões do tipo Mineração e Vetor de Desenvolvimento, esse indicador experimentou taxas elevadas de crescimento nos últimos anos, apesar do volume inexpressivo de empregados com nível superior. Assim como ocorre nas regiões especializadas, parte importante dos empregos qualificados está associada às atividades de mineração. Na microrregião do Baixo Pantanal (MS), por exemplo, o contingente de trabalhadores com nível superior é de apenas 135 empregados. Mas, nos últimos anos, o aumento desse indicador foi de 8,84% ao ano, representando 89,9% do total de trabalhadores com esse nível de qualificação na indústria extrativa e de transformação local.

Para o indicador da presença de ocupações tecnológicas nas atividades mineradoras foram selecionadas ocupações que exigem elevada capacitação tecnológica e podem contribuir para os processos de produção e de desenvolvimento das empresas de mineração. É digna de nota uma certa sobreposição com os dados de qualificação da mão de obra de nível superior. Mas, nesse indicador, procurou-se eleger apenas as ocupações diretamente relacionadas a atividades centrais das empresas de mineração, excluindo, por exemplo, áreas de apoio como a gestão.⁵²

Houve também um crescimento expressivo do volume de empregados em ocupações tecnológicas nas atividades de mineração como um todo, que alcançou o patamar de 6,5% ao ano no período de 2006 a 2009. Nas microrregiões selecionadas, o índice foi semelhante, de 6,6% ao ano e, na indústria extrativa e de transformação, de 5,2%. Mesmo que as ocupações de nível superior tenham crescido de modo mais significativo fora das microrregiões selecionadas, o crescimento das ocupações tecnológicas esteve bastante associado às operações das empresas de mineração no Brasil, impulsionando a elevação dos patamares técnicos e tecnológicos dessas atividades no país. Nos Núcleos Especializados em Mineração, a elevação desse índice foi ligeiramente menor (3,03% ao ano), a despeito da elevada heterogeneidade entre as microrregiões que compõem essa categoria.

Nas microrregiões do tipo Mineração e Vetor de Desenvolvimento, o crescimento do emprego de ocupações tecnológicas foi de 5,40% ao ano no

52 Foram selecionadas as categorias engenheiros, arquitetos e afins (subgrupo 214), físicos, químicos e afins (subgrupo 213), profissionais da informática (subgrupo 212), agrônomos e afins (subgrupo 222), pesquisadores (subgrupo 203), biólogos e afins (subgrupo 221) e matemáticos, estatísticos e afins (subgrupo 211).

período 2006-2009, o que revela uma preocupação das empresas em elevar os requisitos de qualificação da mão de obra local.

Tabela 12 – Destaques no crescimento do volume de empregados em ocupações tecnológicas nos Núcleos Especializados em Mineração

Microrregião	UF	Crescimento das ocupações tecnológicas na mineração (%)	Participação nas ocupações tecnológicas na indústria local (%)
Porangatu	GO	31,77	79,60
Parauapebas	PA	17,79	96,40
Ouro Preto	MG	7,45	73,50

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da RAIS/MTE, 2009.

Para levantar o volume de ocupações técnicas nas atividades de mineração nas microrregiões selecionadas, foram escolhidos os grupos ocupacionais com participação nas atividades de mineração superior a 1%. Dentre essas ocupações, foram selecionados⁵³ os grupos com participação de empregados com ensino médio completo ou incompleto e ensino superior incompleto maior do que 50% do total do grupo ocupacional e excluídos os grupos de áreas correlatas como administração e expedição⁵⁴. As ocupações selecionadas têm grande importância na organização técnica da produção nas empresas. Os profissionais que exercem essas funções possuem elevadas capacitações de caráter tácito, relacionadas à sua experiência nos processos de produção e de operação das empresas, muitas vezes complementadas por formação técnica de nível médio.

53 Foram selecionados os técnicos de nível médio em operações industriais (subgrupo 391); supervisores da extração mineral e da construção civil (subgrupo 710); mecânicos de manutenção de máquinas e equipamentos industriais, comerciais e residenciais (subgrupo 911); técnicos em ciências físicas e químicas (subgrupo 311); técnicos em mineralogia e geologia (subgrupo 316); trabalhadores da extração mineral (subgrupo 711); técnicos em metalmeccânica (subgrupo 314); técnicos em eletroeletrônica e fotônica (subgrupo 313); técnicos em laboratório (subgrupo 301); mecânicos de manutenção de máquinas pesadas e equipamentos agrícolas (subgrupo 913); montadores de máquinas e aparelhos mecânicos (subgrupo 725); eletricitistas eletrônicos de manutenção industrial, comercial e residencial (subgrupo 951) e trabalhadores de montagem de tubulações, estruturas metálicas e de compósitos (subgrupo 724).

54 Foram excluídos os grupos escriturários em geral, agentes, assistentes e auxiliares administrativos (subgrupo 411); técnicos das ciências administrativas (subgrupo 351); escriturários de controle de materiais e de apoio à produção (subgrupo 414), e embaladores e alimentadores de produção (subgrupo 784).

Como verificado com outros indicadores, houve uma ampla expansão do volume de emprego nas ocupações técnicas nas atividades de mineração: 7,6% ao ano de 2006 a 2009. Na indústria extrativa e de transformação, esse crescimento foi de 4,6% ao ano durante o mesmo período. Tomando apenas as microrregiões selecionadas, o crescimento foi ainda maior, da ordem de 10,3% ao ano, o que revela a preocupação das empresas em elevar a qualificação técnica de seu quadro de funcionários, melhorando os processos de produção e as operações no nível da planta e da mina. Nos Núcleos Especializados em Mineração, o crescimento das ocupações técnicas nesse período alcançou o elevado patamar de 17,8% ao ano. A tabela 13 mostra algumas microrregiões que tiveram desempenhos expressivos.

Tabela 13 – Destaques no crescimento do volume de empregados em ocupações técnicas nos Núcleos Especializados em Mineração

Microrregião	UF	Nº de empregados em ocupações técnicas	Crescimento das ocupações técnicas na mineração (%)
Itabira	MG	9.925	19,46
Parauapebas	PA	5.691	38,30
Paracatu	MG	971	14,10
Itaguara	MG	555	49,60

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da RAIS/MTE, 2009.

Em conjunto, as microrregiões enquadradas na categoria Mineração e Vetor de Desenvolvimento cresceram 6,1% ao ano de 2006 a 2009, com destaque para as regiões de Baixo Cotinguiba (SE) e São Miguel do Araguaia (GO), que alcançaram um patamar superior a 10% ao ano. Um fenômeno semelhante pode ser verificado nas microrregiões do tipo Atividades Embrionárias de Mineração, que alcançaram um percentual de 15,1 ao ano. Esse crescimento revela que, mesmo onde as atividades de mineração têm relevância relativa, existe uma preocupação de incorporação crescente de capacitações técnicas entre os trabalhadores.



Na experiência brasileira após 2005, é possível verificar uma evolução positiva em diferentes indicadores de desenvolvimento regional nas regiões mineradoras brasileiras, associada à elevação dos preços dos minerais nos anos 2000. As condições de geração de desenvolvimento regional sustentável no longo prazo dependem do aproveitamento das rendas geradas ao longo do período de expansão das atividades mineradoras. Para isso, é preciso que os agentes econômicos locais e não locais empreendam ações que promovam o investimento das elevadas, porém temporárias, rendas associadas à mineração em outras atividades econômicas. As grandes empresas podem assumir a liderança no processo de desenvolvimento econômico regional, e o poder público tem o papel de direcionar a utilização desses recursos para atividades que fortaleçam e intensifiquem as capacitações dos agentes locais.





5 O PAPEL DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA NO SETOR MINERAL

A mineração é, ao lado da agricultura, uma das atividades fundadoras da civilização. Percorrer a evolução das técnicas de mineração é caminhar pela própria história da humanidade. Importantes inovações na mineração produziram impactos profundos na organização dos povos, em sua capacidade de criar ferramentas e armas, de construir cidades e meios de transporte.

A primeira grande inovação mineira foi egípcia, por volta de 5000 a.C., com o uso alternado de fogo e de água, levando à expansão e à contração súbita do material para romper e cortar rochas. Os desdobramentos dessa técnica levaram a inúmeros avanços na construção e na metalurgia. Antes disso, apenas os metais diretamente disponíveis no ambiente podiam ser aproveitados (como ouro, prata e cobre), e as ferramentas existentes não eram páreo para a dureza das rochas. Essa técnica foi fundamental para a mineração até a invenção da dinamite por Alfred Nobel, em 1867.¹

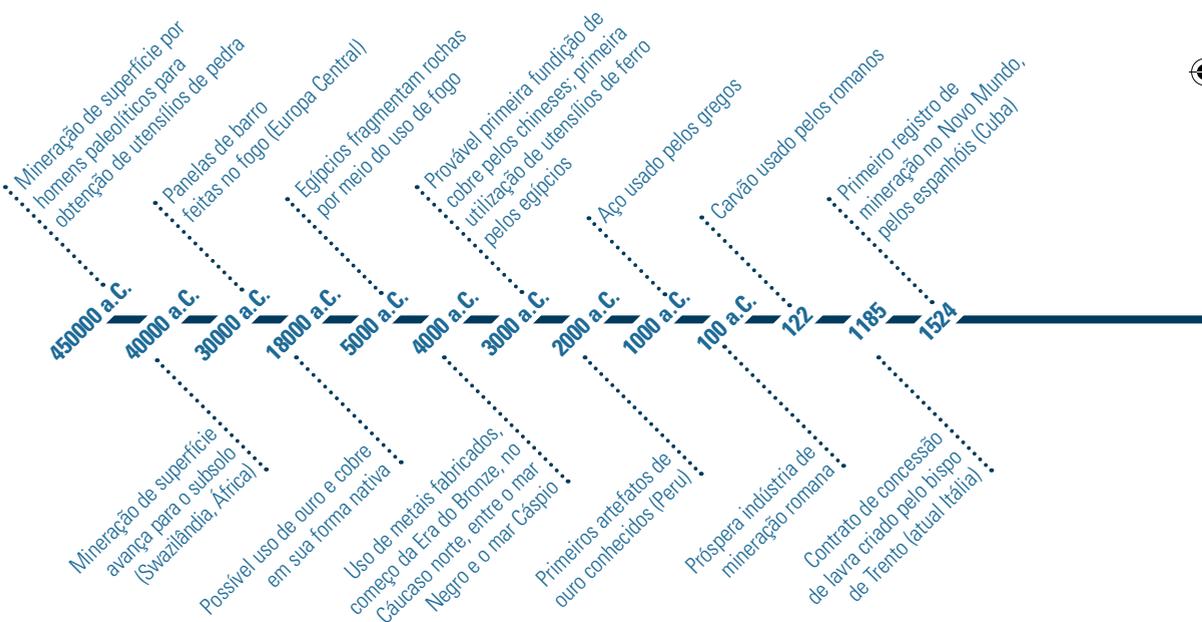
A história das inovações na mineração é caracterizada pela ocorrência de poucas descobertas de fato revolucionárias, como a técnica egípcia e a dinamite de Nobel, e um sem-número de pequenos avanços incrementais, decorrentes das possibilidades abertas pelas primeiras. Os impactos das melhorias nas técnicas de mineração se fizeram sentir sobretudo a jusante, na metalurgia, na construção, nos transportes, no desenvolvimento de ferramentas, armas e máquinas.

A criação dos contratos de concessão de direitos de mineração, em 1185, foi um marco institucional importante, do qual decorreram as condições legais para assegurar investimentos, maiores escalas e avanços tecnológicos sistemáticos nas minas. O minerador se estabeleceu como o profissional capaz de identificar e explorar uma jazida de modo rentável.

1 Hartmann, 2007.

Nos séculos XV e XVI, o crescimento econômico impôs desafios técnicos formidáveis à mineração: as minas acessíveis já haviam se exaurido, e era preciso avançar cada vez mais fundo para o subsolo. Foi necessário desenvolver técnicas para a escavação e o escoramento de galerias, mecanismos para o bombeamento de água, a ventilação, a elevação, a transmissão de força motriz e o transporte de pessoas e de material. Além disso, as necessidades de escala e as exigências de qualidade na metalurgia levaram a novas técnicas para mecanizar a trituração das rochas e ao uso de altos-fornos para garantir a extração com maiores níveis de pureza.

Pesquisadores como Torricelli, Pascal e Boyle se ocuparam intensamente de problemas de física inspirados por questões práticas das minas, como elevação de líquidos em tubos, ventilação e compressão do ar. O novo conceito de pressão atmosférica unificou os campos da hidro e da aerostática e ajudou na construção de diversos equipamentos inovadores. Os grandes temas da física da época estavam associados às demandas técnicas do transporte, das vias de comunicação, da indústria (de mineração e de construção) e da guerra.²

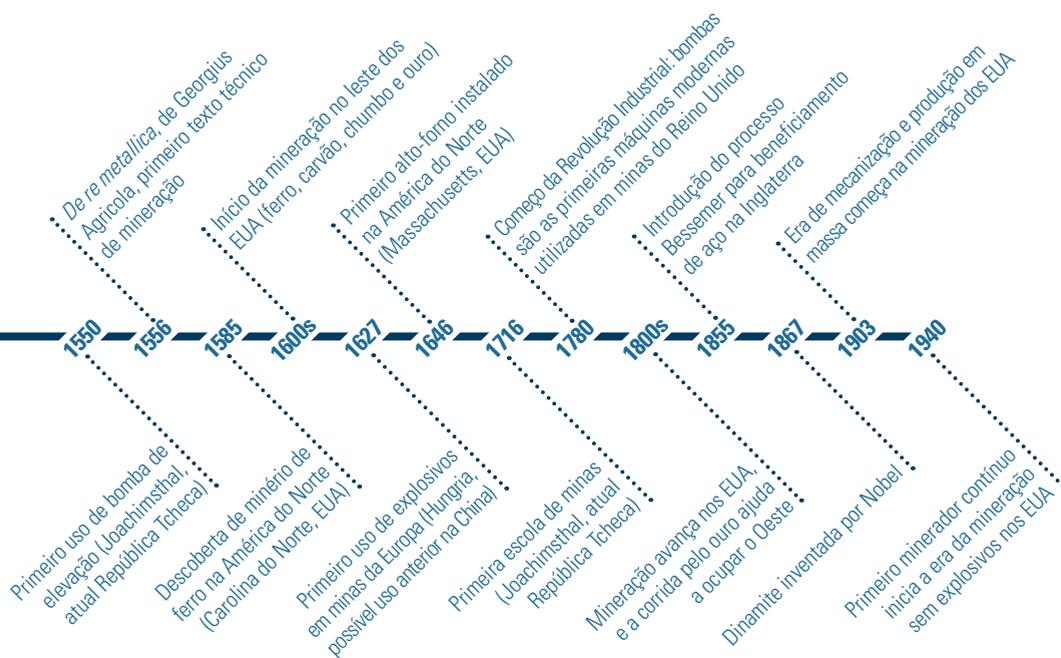


Fonte: adaptado de Hartman, 2007.

² Hessen, 1931.

O ímpeto de crescimento e de modernização se manteve durante as Grandes Navegações e foi reforçado pela Revolução Industrial do século XVIII. O conhecimento foi sistematizado em livros e reproduzido em escolas de minas da Europa e do Novo Mundo. Mas foi a partir da Segunda Revolução Industrial, no fim do século XIX, que a necessidade de materiais e de energia de origem mineral se tornou irreversível, protagonizada pelos EUA.

Como visto, a mineração teve um papel fundamental na expansão e na consolidação econômica do país. A liderança estabelecida não se deveu à abundância desproporcional de recursos, mas fatores tecnológicos, institucionais e investimentos sistemáticos na prospecção e na produção mineral. Entre 1860 e 1890, os EUA já contavam com mais de vinte escolas de minas, com 871 graduados em 1892. Em 1900, o censo do país registrou 2.908 engenheiros de minas, 6.034 geólogos de prospecção mineira e 8.887 químicos e metalurgistas. Em 1917, eram 7.500 engenheiros de minas, 2.112 dos quais tinham trabalhado no exterior.³



³ Wright & David, *op. cit.*

Durante o século XX, foi extraído um volume maior de minérios do que em toda a história da humanidade. Muitas áreas do globo foram mapeadas e estudadas minuciosamente em busca de depósitos minerais, em grande medida por geólogos estadunidenses. Quase todas as descobertas minerais importantes do século XX decorreram dos conhecimentos e dos métodos de prospecção de técnicos e pesquisadores formados nos Estados Unidos. Novos usos foram desenvolvidos para materiais sem aplicação conhecida até então, ampliando a diversidade e a quantidade de recursos mineráveis.

O alumínio, elemento metálico mais abundante da crosta terrestre, só pôde ser recuperado de sua forma rochosa (bauxita) a partir de um processo inventado em 1886 por Charles Martin Hall.⁴ A invenção demanda altas correntes de energia elétrica, que só se tornaram viáveis e abundantes no século XX. Da mesma forma, elementos como o urânio, o molibdênio, o tungstênio, o nióbio e o lítio somente adquiriram valor comercial a partir de tecnologias desenvolvidas no século XX. Novas tecnologias e novos produtos demandam novos minérios. Um exemplo é o lítio, que entra na composição das baterias de última geração de telefones celulares, computadores e veículos elétricos. Países como o Paraguai e a Bolívia ganharam destaque no mapa da mineração global por possuírem grandes reservas desse metal.

É difícil separar a trajetória dos avanços técnicos na mineração das inovações que caracterizaram a sociedade industrial e, mais recentemente, a sociedade da informação. O uso de bombas para manter as minas livres de água permitiu escavações cada vez mais profundas e o aumento da produção.⁵ O sensoriamento remoto por satélites e técnicas avançadas de geofísica levaram à descoberta de novas jazidas. Vários campos da ciência e da tecnologia (C&T) ainda estão relacionados às cinco fases típicas das atividades de mineração.⁶

4 Ver seção *Empresas Mineradoras*, do cap. 6.

5 Ver seção *Desenvolvimento tecnológico*, do cap. 2.

6 Essas fases são definidas como: (i) *prospecção*: se apoia nos conhecimentos da geologia e, cada vez mais, da geoquímica e da geofísica. Fotografias aéreas foram substituídas por imagens de satélite de alta abrangência espectral e resolução; (ii) *exploração*: a definição do tamanho dos depósitos, de seu valor e dos investimentos e custos envolvidos também requer conhecimento geológico e o emprego de técnicas de estimativa. As reservas mundiais crescem a cada ano não apenas porque novas jazidas são descobertas, mas porque os métodos para medi-las são continuamente melhorados; (iii) *desenvolvimento da lavra ou exploração*: pode implicar desafios

A dinâmica tecnológica na mineração é estreitamente ligada à dinâmica econômica. Em períodos de demanda aquecida, os preços sobem, e mesmo jazidas menos rentáveis se tornam viáveis, desestimulando os detentores das melhores reservas a investir em aperfeiçoamento tecnológico. Ao mesmo tempo, os preços altos estimulam a entrada de outros produtores que, para encontrar e viabilizar novas minas, são obrigados a desenvolver e empregar tecnologia diferenciada, detendo a alta dos preços ou até derrubando-os, se a demanda se estabilizar. Os produtores tradicionais são, então, obrigados a se modernizar para continuar competitivos.

Esse mecanismo de aumento de produtividade vinculado a ciclos de demanda ajuda a explicar o fortalecimento de novas companhias mineradoras em países como a Austrália, o Brasil e o Canadá e o enfraquecimento de empresas europeias e dos EUA. Hoje, a demanda é aquecida, sobretudo, pela construção de infraestruturas modernas na China, mas estava arrefecida pela relativa estagnação que os países desenvolvidos conheceram durante os anos 1970 e 1980.

A cada ciclo, a exploração tecnologicamente mais eficiente de minas recém-descobertas e a mudança na configuração da demanda (novos materiais e volumes em lugares inexplorados) redefinem as curvas de custos e preços. Jazidas antes inviáveis do ponto de vista econômico se tornam interessantes. A evolução do ambiente institucional também influencia a viabilidade e a efetividade das atividades de mineração. As pressões sociais são outros importantes vetores de inovação. As condições precárias de trabalho dos empregados das minas subterrâneas de carvão da Inglaterra no século

logísticos e de engenharia, e é preciso equacionar os grandes investimentos necessários no local da mina e na infraestrutura de transporte para escoamento da produção. Cada jazida possui características próprias, que quase sempre demandam adaptação das tecnologias existentes. As empresas que conseguem resolver esses gargalos técnicos viabilizam a produção onde outras não veem viabilidade; (iv) *produção*: durante a fase de lavra e beneficiamento, novos desafios de engenharia surgem à medida que as partes mais fáceis e ricas das jazidas são extraídas. Aspectos como custos operacionais, segurança e impactos ambientais se tornam centrais. O ciclo típico de produção envolve operações unitárias como perfuração, explosão, carregamento e transporte (horizontal ou vertical), em torno das quais ocorre um grande número de operações auxiliares. Em todas, o aperfeiçoamento dos equipamentos utilizados, a redução do consumo energético e dos resíduos produzidos e muitas outras frentes de desenvolvimento tecnológico representam oportunidades de inovação incremental; (v) *fechamento e recuperação*: a mina é fechada ao final do seu ciclo de produção economicamente rentável e precisa ser estabilizada e recuperada de modo a recompor a paisagem e evitar maiores impactos, segundo os preceitos contemporâneos de sustentabilidade social e ambiental. Para que isto ocorra de forma eficaz, a fase pós-produção tem que ser pensada e projetada já durante a abertura da mina. Há ainda desafios tecnológicos importantes a serem superados, em especial nas minas mais antigas, que não foram concebidas de acordo com os atuais critérios ambientais.

XVIII ensejaram revoltas e provocaram a organização dos trabalhadores em grupos de pressão. Essa luta ajudou a disciplinar regras de trabalho, a disseminar tecnologias de segurança e a inspirar transformações sociais mais abrangentes. Na atualidade, as pressões de ambientalistas e as demandas de desenvolvimento regional redefinem os contornos das atividades de mineração em muitos países – incluindo o Brasil – e impulsionam muitas inovações que deverão moldar o futuro do setor.

Trajatória da C&T brasileira na mineração

No Brasil, a mineração foi uma das primeiras áreas do conhecimento a organizar atividades de pesquisa e desenvolvimento relevantes. Do mesmo modo que na agricultura e na saúde, é possível traçar uma rica história de iniciativas institucionais, personalidades e resultados, que remonta aos tempos do Império e até do Brasil Colônia. João da Silva Feijó, naturalista nascido no Brasil em 1760, advertia a Coroa Portuguesa, já em 1797, no seu *Discurso político sobre as minas de ouro do Brasil*, sobre a importância do conhecimento para a exploração mineral:

Todos sabem que nos primeiros descobrimentos das minas do ouro do Brasil este precioso metal aparecia quase a flor da terra, e muitas vezes em massas bem avultadas, e que com pouco trabalho e dispêndio, ainda que sem a devida economia, era extraído e se fundia; hoje porém não produzem aqueles estabelecimentos de ordinário um equivalente às suas despesas e trabalhos por ser muito mais raro ou por se achar entranhado pelo centro das montanhas, ou porque tendo-se recolhido quase todo que se apresentava virgem, resta talvez o que estará em diferentes estados de mineralização ou combinação para não poder ser tão facilmente conhecido por aqueles nossos mineiros que ignoram absolutamente todos os princípios fundamentais da arte de trabalhar as minas. Para o Brasil não consta ter passado até hoje um só professor de Minas Metalúrgicas e de Docimástica, para ali dirigir e ensinar tão importantes trabalhos aos nossos mineiros. [...] donde se pode segurar que a causa primeira de não produzirem hoje as minas tanto interesse real, como nos primeiros tempos, é sem dúvida a falta dos precisos conhecimentos por seus operários e diretores.⁷

7 *Apud* Silva & Lopes, 2004, p. 726.

Com a vinda da corte portuguesa para o Brasil, em 1808, em pleno declínio do Ciclo do Ouro, foram tomadas providências para reverter essa situação. Professores de geologia e mineralogia estrangeiros passaram a lecionar no Rio de Janeiro, na recém-criada Academia Real Militar (1810) e, depois, na Escola Central, seu desdobramento civil, implantado em 1855. A primeira publicação dedicada à geologia brasileira foi *Pluto brasiliensis* (1833), do alemão Wilhem Ludwig von Eschwege, diretor do Real Gabinete de Mineralogia do Rio de Janeiro (criado em 1810 e depois incorporado ao Museu Nacional).⁸

As primeiras tentativas de diversificação na mineração e na metalurgia brasileiras envolveram a fabricação de ferro na fazenda Ipanema, em Sorocaba (SP), e em Gaspar Soares (MG). Ambas as fábricas encontraram muitas dificuldades para empregar a tecnologia europeia e os conhecimentos dos escravos negros às características do minério brasileiro. Em 1812, em Congonhas do Campo (MG), Eschwege aperfeiçoou o processo de cadinhos trazido pelos africanos com a introdução de uma trompa hidráulica para injetar ar no forno, viabilizando, mesmo com baixos rendimentos e pequena escala, a produção do ferro e do aço. A inovação de Eschwege se espalhou pelo estado de Minas Gerais,⁹ e ele também foi responsável pela exploração da primeira mina de ouro subterrânea, em Mariana (MG).

Entretanto, os esforços empreendidos, isolados e tardios, não foram capazes de estabelecer a densidade esperada para acumular e difundir o conhecimento técnico necessário para reverter o declínio econômico da mineração que caracterizou o final do Ciclo do Ouro. Foi apenas no fim do século XIX que o governo imperial, fortalecido pela ascensão da economia do café, conseguiu fomentar conhecimentos científicos e tecnológicos com mais vigor e continuidade, impulsionando a expansão agrícola exportadora, a rede de transportes (ferrovias e portos), a urbanização, a geração de energia e outros setores da economia.

A Escola Politécnica do Rio de Janeiro (1874) e a Escola de Minas de Ouro Preto (1875) formaram quadros técnicos importantes para a retomada do desenvolvimento da mineração no Brasil, na nova condição de aposta complementar para a economia, inspirada no sucesso que países

8 Carvalho, 2002.

9 *Idem, ibidem.*

como os Estados Unidos e o Canadá alcançavam na época.¹⁰ Em 1886, foi criada a Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo (CGG), dirigida pelo geólogo norte-americano Orville Derby. A comissão realizou estudos aprofundados nas áreas de geologia, botânica, geografia, paleontologia, zoologia e topografia.¹¹ A ênfase no detalhamento e no estudo sistemático (em voga nos centros mais avançados) entrou em conflito com o senso de urgência prática da elite cafeeira e levou à demissão de Derby, em 1905.¹²

Ainda no século XIX, destacou-se a figura do Barão de Capanema, professor de física, matemática e mineralogia da Escola Central. Seus trabalhos pioneiros identificaram a presença de cádmio em amostras vindas do Ceará, em 1850, e levaram à publicação, em 1858, de apostilas de mineralogia que se tornaram a base didática da disciplina nas escolas brasileiras por muitas décadas. Capanema foi também um personagem central na criação das primeiras sociedades científicas brasileiras: a Palestra Scientifica e a Sociedade Velosiana.¹³

A Primeira República trouxe um clima de modernização para as elites brasileiras. O projeto de fazer emergir a siderurgia no país se tornou um dos símbolos do novo período. Em 1909, foi criada a Escola Politécnica de São Paulo, que, no mesmo ano, ganhou uma oficina de fundição para o ensino prático da siderurgia.¹⁴ Transportes e energia eram gargalos fundamentais do país na época, e a mineração era o ponto de partida para encontrar soluções para ambos: aço para a infraestrutura e energia para reverter a dependência externa do carvão mineral, um dos principais itens de importação.

As primeiras décadas do século XX foram marcadas por um extenso e intenso debate entre internacionalistas e nacionalistas. A Era Vargas, iniciada em 1930, consolidou a vitória dos nacionalistas. Na mineração, a história

10 Ver seções *Estados Unidos e Canadá*, do cap. 2.

11 Figueirôa, 1997.

12 Esse caso revela como eram fortes o pragmatismo e a ânsia do curto prazo, em detrimento das abordagens mais estruturantes para a pesquisa propostas pelos cientistas, que buscavam resultados mais ambiciosos em prazos mais longos. O austríaco Franz W. Dafert, que em 1887 foi contratado para organizar a Estação Agronômica de Campinas, foi exonerado em 1890 pelo mesmo motivo de Derby. Voltou ao posto entre 1891 e 1897, graças à interferência do próprio Orville Derby, e organizou o Instituto Agronômico de Campinas nos moldes que garantiram sua perpetuidade (Perecin, 2004).

13 Figueirôa, 2005.

14 Alves, 1994.

da Itabira Iron ilustra bem as idas e vindas da política brasileira em relação à modernização. As reservas da região de Itabira (MG) foram estimadas por Derby e divulgadas mundialmente em 1910, atraindo investidores estrangeiros interessados em exportar minério de ferro. O empreendedor norte-americano Percival Farquhar insistiu nessa ideia, sem sucesso, de 1919 a 1942, e viu seu projeto ser nacionalizado para dar origem à Companhia Vale do Rio Doce, estatal criada em 1942.¹⁵ O debate, apaixonado do ponto de vista político, era pouco aprofundado do ponto de vista técnico e atrasou em pelo menos vinte anos a entrada firme do Brasil como exportador no mercado mundial de ferro.

A primeira usina siderúrgica de porte a operar no país foi a Belgo-Mineira, construída nos anos 1920, que foi concebida para funcionar com carvão vegetal e capacidade inicial de 25 toneladas diárias de ferro-gusa. Em 1937, o Brasil produzia 98 mil toneladas de ferro-gusa por ano, 71 mil toneladas de aço mole e 76 mil toneladas de aço duro. Durante a década de 1930, a importação anual de aços girava em torno de 600 mil toneladas.

A busca pela expansão desse setor na economia brasileira foi marcada por uma polêmica técnico-econômica entre o uso de energia vegetal (que implicava o consumo de florestas) e de energia fóssil (que demandava a importação de carvão mineral) nos altos-fornos siderúrgicos. A palavra final foi dada nos anos 1940, por decisão do exército: o complexo de Volta Redonda (RJ) seria construído com tecnologia baseada em carvão mineral importado. A escolha de Volta Redonda se baseou em diversos fatores, como a proximidade dos dois principais mercados nacionais (São Paulo e Rio de Janeiro), o acesso a matérias-primas com um custo relativamente baixo, salários inferiores aos das grandes cidades brasileiras e a possibilidade de utilizar os serviços da Estrada de Ferro Central do Brasil.

A justificativa tecnológica foi que não havia garantias da reconstituição florestal e tampouco do funcionamento adequado dos altos-fornos de grande escala com carvão vegetal nacional. Em outras palavras, as incertezas no campo da tecnologia eram grandes demais para arriscar uma solução inovadora. A contrapartida para os grandes volumes de carvão que precisariam ser importados viria da exportação de minério de ferro bruto, missão que deveria ser cumprida pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD).

¹⁵ Gauld, 1964.

Além disso, havia a urgência provocada pelas turbulências da Segunda Guerra Mundial. A modernização se tornara assunto de segurança nacional, e a influência do exército havia se ampliado. Os acordos de transferência tecnológica (siderurgia em troca de minério de ferro) estabeleceram uma profunda dependência técnica em relação aos Estados Unidos.

Os grandes investimentos estatais e o súbito crescimento do setor mineral desencadearam uma grande demanda por profissionais qualificados, o que estabelecia um forte contraste com o período anterior, no qual a oferta formada pelas escolas não encontrava espaço no precário parque industrial. Com o avanço do projeto siderúrgico dos anos 1940, o gargalo dos recursos humanos se fez sentir rapidamente. Um editorial na revista *Mineração e Metalurgia* advertia, em 1941, que o Brasil não possuía geólogos, metalúrgicos e engenheiros de minas suficientes nem para prospectar e lavar os depósitos minerais do país nem para desenvolver os usos necessários desses recursos.¹⁶

O que havia de recursos humanos brasileiros qualificados nas áreas de geologia e de engenharia de minas foi empregado principalmente na prospecção e na mineração, campos nos quais a especificidade local era grande, com conhecimentos acumulados desde os tempos do período colonial. Foram trazidos técnicos estrangeiros para as indústrias, e a mão de obra local foi treinada para operar as novas plantas.

A descoberta de ferro em Carajás (PA), na década de 1960, é um exemplo do estágio da capacitação do país em geologia naquela época. As primeiras pistas sobre a existência de jazidas na região vieram de dados magnetométricos obtidos em atividades sistemáticas de aerofotografia, conduzidas em colaboração com técnicos estadunidenses. As medições de magnetismo desafiaram a crença de que a serra de Carajás fosse de formação calcária e estimularam a organização de uma expedição para verificação de campo. A clareira escolhida para o pouso do helicóptero era tão rica em hematita que a vegetação encontrava dificuldade para se desenvolver.¹⁷

Empresas estatais e privadas, com participação expressiva de capital estrangeiro, envolveram-se na prospecção, exploração e lavra de uma

16 *Apud Alves, op. cit.*

17 Rezende, 2009.

quantidade e diversidade crescente de minerais, com prevalência de corpo técnico brasileiro e apoio de consultorias técnicas nacionais e estrangeiras.¹⁸

Entre as décadas de 1960 e 1980, escritórios de engenharia brasileiros, entre eles a Paulo Abib Engenharia e a Promon, desenvolveram uma expressiva competência na área mineral. O Brasil se especializou em aproveitar e adaptar o que de melhor existia no mundo, absorvendo o conhecimento e a tecnologia de diversas matrizes: EUA, Canadá, África do Sul, Austrália e Europa. Entretanto, “não se conhecem pesquisas de órgãos ou de empresas que tenham feito inovações importantes em métodos de lavra ou tenham implantado localmente tecnologias próprias de lavra”.¹⁹

Ao final da década de 1980, as atividades de mineração estavam em situação de crise e retração de investimentos. A década de 1990 foi especialmente crítica. A fase de declínio provocou um esvaziamento de competências e um novo excesso de oferta de mão de obra especializada. Parte do contingente formado nos anos 1990 e 2000 encontrou no fortalecido sistema de pós-graduação abrigo e alguma perspectiva.

A crise entre as décadas de 1970 e 1990 manteve a coexistência de grandes disparidades tecnológicas na mineração brasileira e interrompeu o ímpeto de modernização. Muitas empresas estabelecidas na fase de auge dos anos 1950 e 1960 nunca renovaram o capital tecnológico. A exaustão das minas, combinada à depreciação dos equipamentos, acentuou a precariedade de muitas das operações, com muitos casos de impactos sociais e ambientais negativos. A exploração de carvão mineral em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul é um exemplo emblemático.²⁰

18 “A CVRD, com seu corpo técnico brasileiro, foi pioneira na aplicação de planejamento informatizado, controle de qualidade na lavra, com aplicação de geoestatística, mecânica de rochas aplicadas à estabilidade de taludes, deposição controlada de rejeitos, rebaixamento de lençol freático em minas, transporte de minério e estéril por correias em ambos os sentidos e aproveitamento de minérios de baixo teor” (Germany, 2002, p. 8).

19 *Idem, ibidem*, p. 44.

20 “Embora desenvolvimentos tecnológicos notáveis tenham sido feitos – na década de 70, pela equipe da extinta Paulo Abib Engenharia, e na de 80, pela equipe do CETEM [Centro de Tecnologia Mineral] – nada disso foi aproveitado. O argumento era o de que a remuneração pelo produto já era razoável e não valia a pena investir em novos processos. (...) O resultado foi o completo desmanche da estrutura empresarial com a abertura do mercado: o produto catarinense colocado no porto do Rio de Janeiro passou a custar o triplo do produto americano, de qualidade muito superior. Na região produtora do sul de Santa Catarina restou um desastre ecológico que talvez seja o mais grave do Brasil: 5 mil hectares de área degradada ao longo de cem anos de atividade mineira, três bacias hidrográficas arruinadas (rios Tubarão, Urussanga e Araranguá), cobrindo um total de 10 mil quilômetros quadrados” (Chaves, 2002, p. 18).

Tecnologias precárias e baixa produtividade também se impuseram na produção mineral de agregados para a construção civil (areia, brita e outros materiais), do calcário, do estanho por método de aluvião, das matéria-primas para cerâmica e vidraria, das pedras ornamentais e dos produtos de garimpo como ouro e pedras preciosas ou semipreciosas. Em todos esses casos, predominaram pequenas empresas, descapitalizadas e sem incentivos à contratação de mão de obra mais qualificada. Para muitas dessas áreas, existia tecnologia viável e demonstrada para elevar a produtividade e a sustentabilidade das explorações, incluindo contribuições criativas das universidades e dos institutos de pesquisa. O problema, entretanto, se mantinha nas esferas econômica e cultural.

A ciência e a tecnologia nas áreas de geologia e de mineração no Brasil viviam uma situação ambígua. Por um lado, havia muito a fazer e conhecer: o país permanecia em grande medida inexplorado, as empresas enfrentavam inúmeros problemas e desafios que pediam a contribuição da C&T, e havia muita gente capacitada para isso. Por outro, a crise no setor transmitia uma sensação de esgotamento das possibilidades e de que o dinheiro investido em pesquisa e formação seria desperdiçado em temas e profissionais que simplesmente não encontrariam mais lugar na realidade do mercado.²¹

A melhoria na situação econômica do setor a partir da primeira década do século XXI foi trazendo investimentos e modernização para muitas minas brasileiras, em especial nas grandes empresas. A recuperação da mineração veio atrelada ao novo ciclo mundial de valorização de *commodities* e matérias-primas. O quadro 1, na página seguinte, resume a situação tecnológica dos principais minerais brasileiros nesse período.

O período atual é de aceleração tecnológica na mineração mundial. Os novos investimentos realizados em todo o mundo elevaram o patamar tecnológico e de produtividade e irradiaram a necessidade de modernização nas instalações mais antigas. Estão em jogo não só a captura dos altos valores pagos pelo minério hoje, mas a sobrevivência no futuro, quando as margens

21 “Em termos de levantamentos geológicos básicos e geofísicos, os investimentos diretos se situaram em torno de US\$ 6,5 milhões/ano, nos últimos 25 anos [1981-2005], após terem alcançado uma média de US\$ 41,5 milhões/ano na década de 1970 (em valores constantes de 2005). Em 2005, quando os investimentos alcançaram US\$ 13,2 milhões, houve uma pequena recuperação. Como consequência, o Brasil apresenta um baixo nível de conhecimento geológico: apenas 46% do seu território estão satisfatoriamente mapeados na escala 1:250.000 e 10% na escala 1:100.000” (Andrade, 2007, p. 347).

se reduzirem. Não se trata mais de ter apenas mão de obra qualificada. O Brasil agora está inserido na competição entre os líderes, uma corrida que será disputada na arena dos saltos tecnológicos, que só poderão ser dados se o país souber usar bem suas competências em ciência e tecnologia.

Quadro 1 – Situação da tecnologia empregada na exploração mineral brasileira frente ao padrão médio mundial

Produto	Abaixo	Na média	Acima
Agregado para construção civil	x		
Alumínio		x	x
Amianto			x
Calcário para cimento	x	x	
Calcário para papel	x		
Carvão mineral	x		
Caulim			x
Cobre			x
Estanho	x	x	
Matérias-primas para cerâmica e vidraria	x		
Fluorita		x	
Fosfato e outros minerais salinos			x
Manganês		x	x
Minério de ferro			x
Níquel		x	
Nióbio e tântalo		x	
Ouro	x	x	
Pedras preciosas	x		
Rochas ornamentais	x		
Titânio		x	

Fonte: adaptado e atualizado a partir de Chaves, 2002, e Fernandes *et al.*, 2007.

O potencial da C&T mineral no Brasil

Ao longo de sua história, o Brasil construiu uma sólida comunidade científica e tecnológica em temas importantes para a mineração. Nos últimos anos, essa comunidade se expandiu de maneira vigorosa, ganhou massa crítica e estabeleceu relevância mundial. A formação de mestres e doutores foi expressiva, representando um aumento do contingente de pessoas especializadas, treinadas em pesquisa, que conhecem a fundo os temas aos quais se dedicam e aprenderam a pensar e a experimentar aplicando o método científico.

Os dados trabalhados nos gráficos e nas tabelas a seguir foram obtidos na Plataforma Lattes, mantida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Foram identificados todos os currículos de mestres e doutores cadastrados em áreas de conhecimento de interesse da mineração.

As informações dos currículos Lattes são opcionais e livres, podendo ocorrer lacunas. Para construir as séries históricas, foi usado o ano declarado de conclusão do grau de titulação mais elevado (doutor ou mestre, não incorrendo em dupla contagem). Os casos sem essa informação foram distribuídos proporcionalmente nas séries, de modo a obter uma estimativa mais acurada.

As tabelas 1 a 3 mostram a quantidade de pesquisadores mestres e doutores ativos no Brasil em áreas de interesse do setor mineral: geociências, engenharia de minas e engenharia de materiais e metalurgia.²² Cada área se subdivide em subáreas, e estas, em disciplinas. Nem todos os pesquisadores classificam suas atividades até o nível das disciplinas, e a declaração de mais de uma disciplina, subárea ou área é possível. Desse modo, não se espera consistência entre os diferentes níveis.

Ao consolidar as listas de pesquisadores das três áreas selecionadas, notou-se que 379 pesquisadores (2,2% do total apurado) atuam em pelo menos duas dessas áreas, de modo que o total consolidado é 16.846 pesquisadores ativos. Dentro das áreas, aumenta o número de pesquisadores que transitam entre subáreas e disciplinas.

22 A subárea de meteorologia foi excluída por ter muito baixa relação com o setor mineral.

Tabela 1 – Pesquisadores ativos no Brasil, na área de geociências

Geologia	4.063
Mineralogia	465
Petrologia	536
Geoquímica	1.011
Geologia regional	643
Geotectônica	395
Geocronologia	286
Cartografia geológica	472
Metalogenia	310
Hidrogeologia	576
Prospecção mineral	516
Sedimentologia	532
Paleontologia estratigráfica	262
Estratigrafia	486
Geologia ambiental	1.255
Geofísica	1.836
Geomagnetismo	94
Sismologia	90
Geotermia e fluxo térmico	29
Propriedades físicas das rochas	77
Geofísica nuclear	63
Sensoriamento remoto	800
Aeronomia	78
Desenvolvimento de instrumentação geofísica	45
Geofísica aplicada	531
Gravimetria	108
Geodesia	988
Geodesia física	82
Geodesia geométrica	129
Geodesia celeste	104
Fotogrametria	280
Cartografia básica	531
Geografia física	2.489
Geomorfologia	859
Climatologia geográfica	271
Pedologia	308
Hidrogeografia	351
Geocologia	344
Fotogeografia físico-ecológica	148
Geocartografia	575
Total	10.182

Fonte: elaboração própria a partir de dados da Plataforma Lattes, 2011.

Tabela 2 – Pesquisadores ativos no Brasil, na área de engenharia de minas

Pesquisa mineral	190
Caracterização do minério	93
Dimensionamento de jazidas	62
Lavra	169
Lavra a céu aberto	105
Lavra de mina subterrânea	58
Equipamentos de lavra	37
Tratamento de minérios	262
Métodos de concentração e enriquecimento de minérios	144
Equipamentos de beneficiamento de minérios	83
Total	703

Fonte: elaboração própria a partir de dados da Plataforma Lattes, 2011.

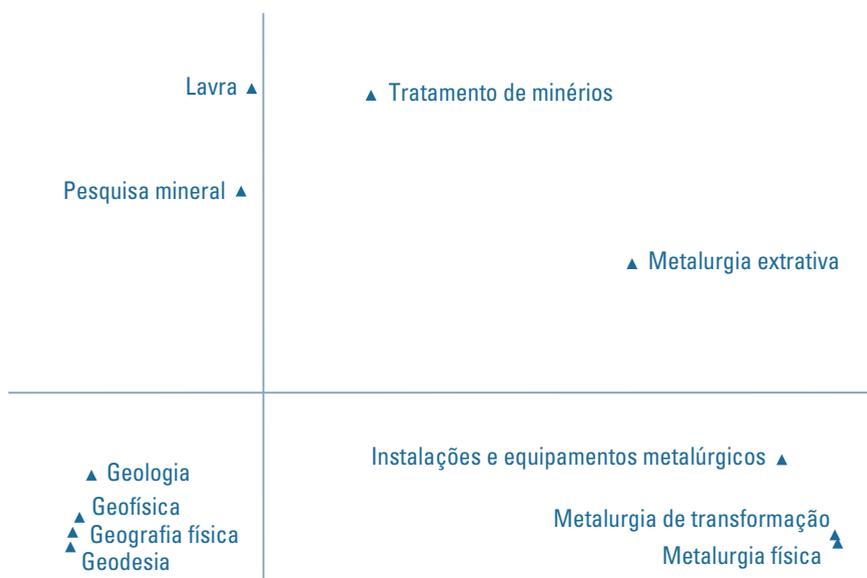
Tabela 3 – Pesquisadores ativos no Brasil, na área de engenharia de materiais e metalúrgica

Instalações e equipamentos metalúrgicos	180
Instalações metalúrgicas	46
Equipamentos metalúrgicos	86
Metalurgia extrativa	370
Aglomeração	40
Eletrometalurgia	30
Hidrometalurgia	133
Pirometalurgia	129
Tratamento de minérios	94
Metalurgia de transformação	1.081
Conformação mecânica	237
Fundição	166
Metalurgia de pó	206
Recobrimentos	128
Soldagem	200
Tratamentos térmicos mecânicos e químicos	–
Usinagem	64
Metalurgia física	1.522
Estrutura dos metais e ligas	434
Propriedades físicas dos metais e ligas	370
Propriedades mecânicas dos metais e ligas	690
Transformação de fases	371
Corrosão	345
Total	6.340

Fonte: elaboração própria a partir de dados da Plataforma Lattes, 2011.

O gráfico 1 mostra o resultado de uma análise multivariada que estabelece as relações de proximidade entre as subáreas, calculadas a partir da quantidade de pesquisadores atuantes em mais de uma subárea. O padrão que emerge mostra o isolamento das especialidades das geociências (apenas a geologia se aproxima um pouco mais das subáreas da engenharia de minas). A subárea de metalurgia extrativa fica no meio do caminho entre a engenharia de minas e a engenharia de materiais e metalurgia. O gráfico evidencia a grande distância entre as geociências e a engenharia de materiais e metalurgia. Do ponto de vista da promoção de inovações no setor mineral, esse isolamento entre as disciplinas é negativo, uma vez que o trânsito entre especialidades é fundamental para pensar os problemas que se colocam nas fronteiras e nas sobreposições entre os diferentes saberes.

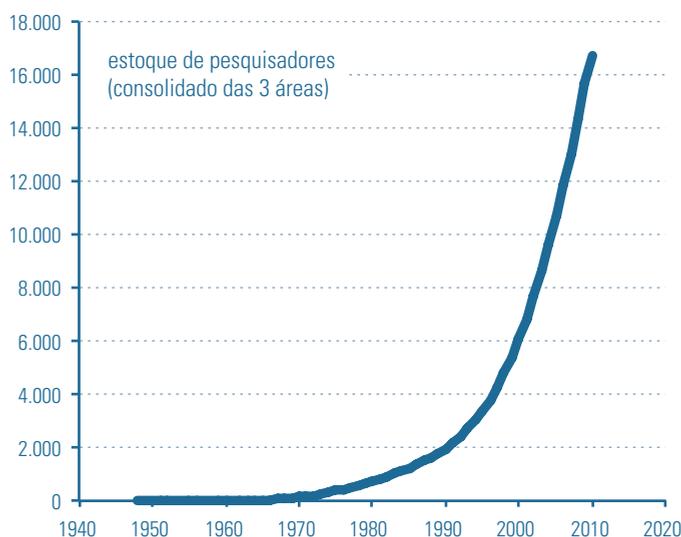
Gráfico 1 – Análise de correspondência indicando a proximidade relativa entre subáreas, calculada a partir da sobreposição de atuação dos pesquisadores



Fonte: elaboração própria a partir de dados da Plataforma Lattes, 2011.

O gráfico 2 mostra a impressionante evolução do contingente de pesquisadores relacionados ao setor mineral no Brasil. Durante primeira década do século XXI, o número de pesquisadores nas três áreas saltou de 6 mil para quase 17 mil, sem dar sinais de desaceleração. Trata-se de um crescimento exponencial que levou a C&T mineral a uma disponibilidade de pessoal de alto nível inédita no país. É o momento de aproveitar esse contingente altamente capacitado. A abundância de pesquisadores nas outras áreas pode compensar a escassez relativa na área de engenharia de minas, dada a proximidade e a capacidade de aprendizado características dos pesquisadores.

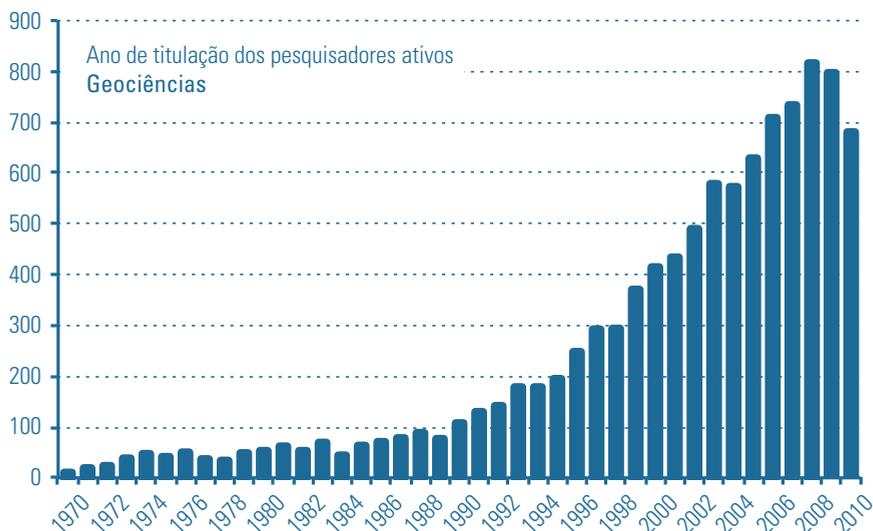
Gráfico 2 – Progressão do estoque de pesquisadores ativos em geociências, engenharia de materiais e metalurgia e engenharia de minas no Brasil



Fonte: elaboração própria a partir de dados da Plataforma Lattes, 2011.

Observando os padrões de crescimento das três áreas, a de geociências é a que apresenta maior aceleração. O gráfico 3 mostra que a formação de novos pesquisadores entrou em regime exponencial a partir da década de 1990. Dos 10.182 pesquisadores ativos, dois terços se titularam entre 2001 e 2010, o que representa um grande contingente de jovens que as universidades e os institutos públicos de pesquisa não têm como absorver.

Gráfico 3 – Pesquisadores titulados em geociências no Brasil

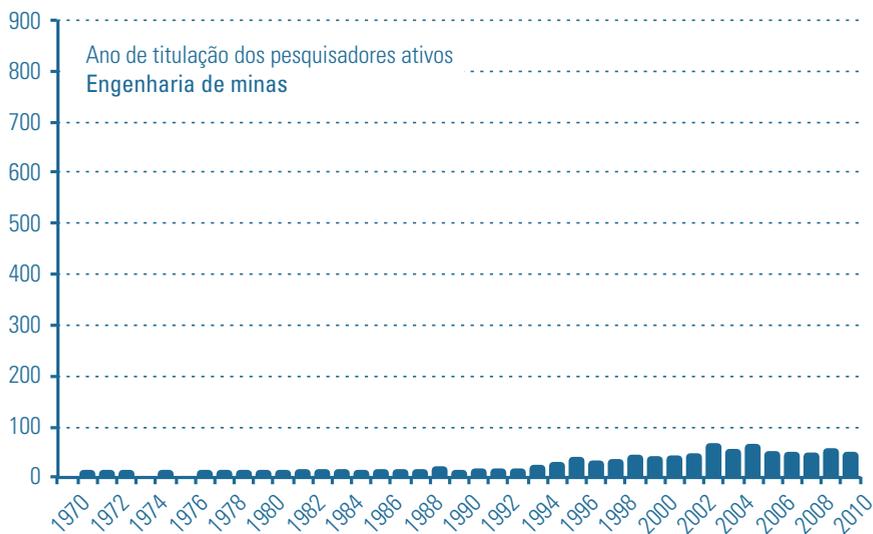


Fonte: elaboração própria a partir de dados da Plataforma Lattes, 2011.

A engenharia de minas é a área que menos cresceu dentre as três selecionadas. Nas outras duas áreas, o crescimento exponencial se estabeleceu após uma fase de evolução lenta que se manteve com uma taxa aproximada de cem titulados ao ano. A engenharia de minas ainda não atingiu esse patamar, o máximo até agora foram 56 titulados, em 2003, como mostra o gráfico 4, na página seguinte. De todo modo, são setecentos pesquisadores ativos na especialidade no Brasil, uma comunidade significativa que pode crescer pelo menos 10% ao ano na década iniciada em 2011.

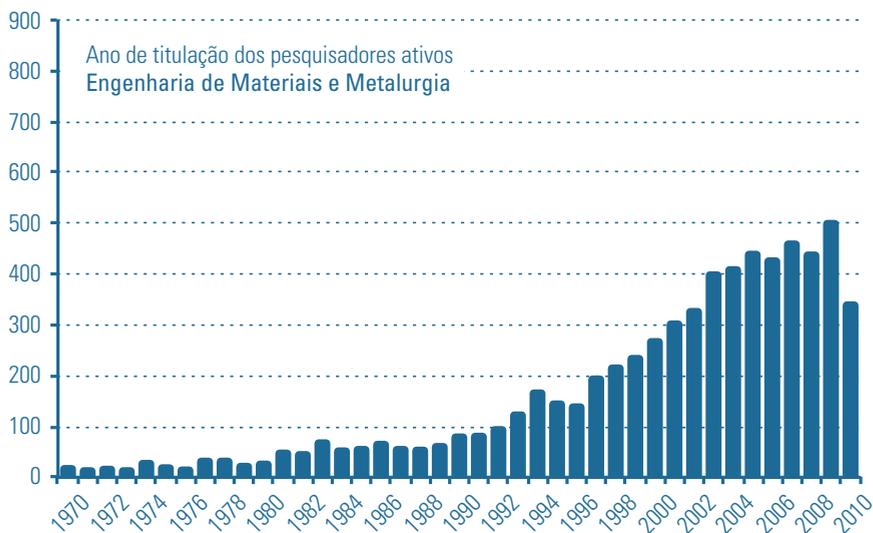
Na engenharia de materiais e metalurgia, o padrão de crescimento exponencial também está presente, mas com menor aceleração, conforme expressa o gráfico 5, na página seguinte. Não deixa de ser expressivo o fato de o Brasil formar quinhentos novos mestres e doutores dessa especialidade ao ano, o que amplia as chances de elevar o patamar tecnológico a jusante da cadeia produtiva da mineração, agregando mais valor na industrialização das mais diversas aplicações da produção mineral.

Gráfico 4 – Pesquisadores titulados em engenharia de minas no Brasil



Fonte: elaboração própria a partir de dados da Plataforma Lattes, 2011.

Gráfico 5 – Pesquisadores titulados em engenharia de materiais e metalurgia no Brasil

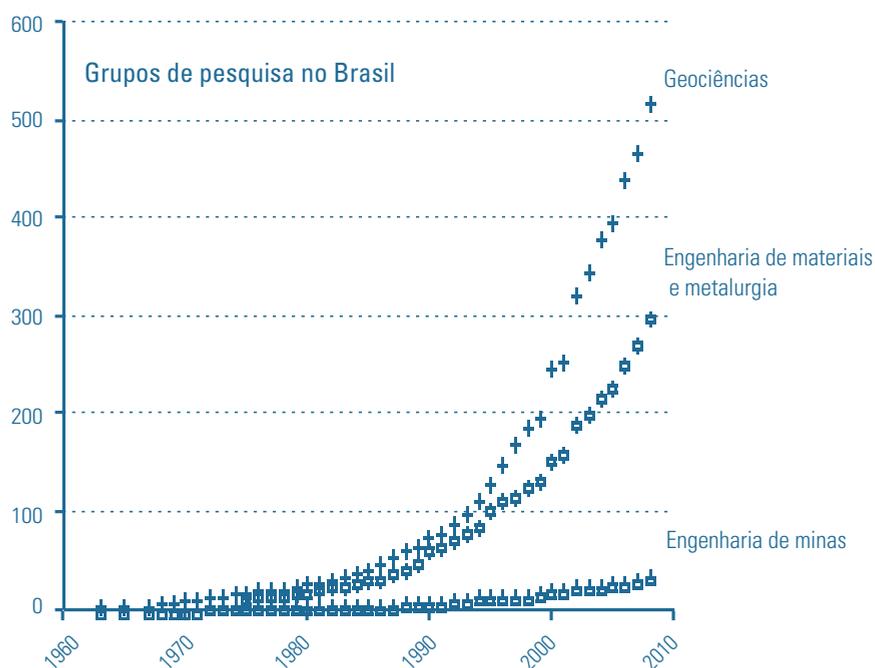


Fonte: elaboração própria a partir de dados da Plataforma Lattes, 2011.

Grupos de pesquisa

Boa parte dos pesquisadores brasileiros se formou, ainda trabalha ou mantém vínculos profissionais e pessoais nos lotados grupos de pesquisa das universidades e dos institutos públicos. Seguindo um padrão de crescimento similar ao das titulações, o número de grupos de pesquisa também se multiplicou na primeira década do século XXI.

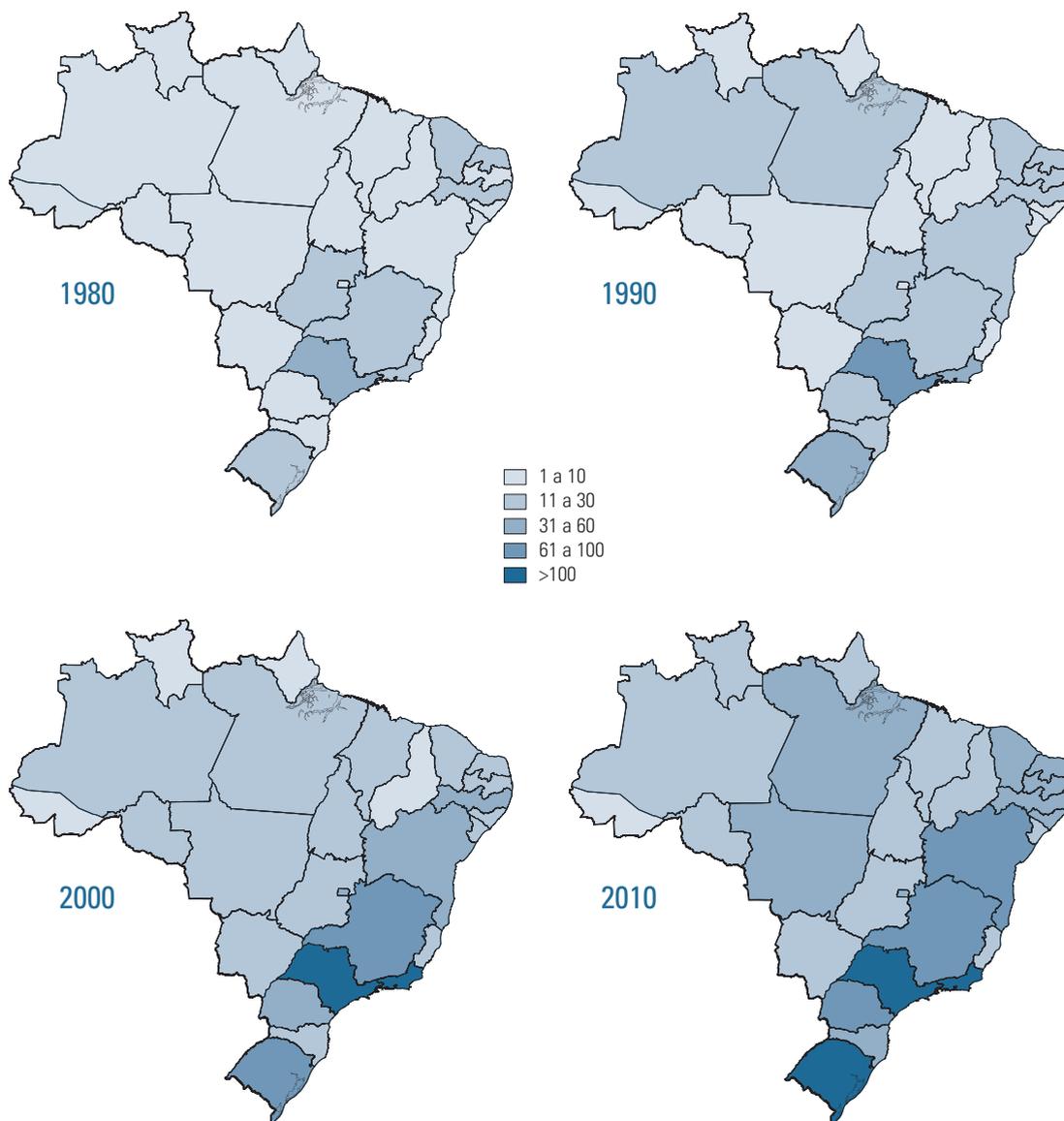
Gráfico 6 – Grupos de pesquisa no Brasil, nas áreas selecionadas.



Fonte: elaboração própria a partir de dados da Plataforma Lattes, 2011.

Esse crescimento também está relacionado ao aumento da diversidade temática e ao fenômeno de regionalização da pesquisa. Os mapas da figura 1, na página seguinte, mostram que essa evolução está associada à difusão espacial da força de pesquisa, em especial na direção dos estados onde as atividades de mineração ocupam posição de destaque.

Figura 1 – Evolução do número de grupos de pesquisa em geociências, engenharia de materiais e metalurgia e engenharia de minas, distribuídos pelos estados brasileiros, a partir do ano de fundação dos grupos ativos cadastrados na Plataforma Lattes



Fonte: elaboração própria a partir de dados da Plataforma Lattes, 2011.

Investimentos públicos

Além do investimento realizado nos sistemas público e privado de universidades por meio das agências de fomento à pesquisa estaduais e federais, o governo federal opera, desde 1997, os Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia (CTs), voltados ao desenvolvimento de pesquisas de interesse direto dos setores produtivos, conforme mostra a tabela 4, na página seguinte. O Fundo Setorial Mineral tem como foco o “desenvolvimento e difusão de tecnologia, pesquisa científica, inovação, capacitação e formação de recursos humanos, para o setor mineral, principalmente para micro, pequenas e médias empresas e estímulo à pesquisa técnico-científica de suporte à exploração mineral”.²³ O CT-Mineral opera desde 2001 e financiou 226 projetos de pesquisa até 2010. O montante do investimento público em C&T mineral por meio dos fundos setoriais é baixo quando comparado ao dispêndio dos demais fundos. Entretanto, essa proporção não é muito diferente da observada no setor privado.

Investimentos privados

As empresas que declaram investimentos em P&D podem ser identificadas pelos dados do Ministério da Ciência e da Tecnologia (MCT) relativos aos benefícios fiscais concedidos a empresas que fazem esse tipo de investimento (Lei do Bem, nº 11.196, de 2005). Dentre as beneficiadas, no período de 2006 a 2009, foram identificadas 23 empresas pertencentes aos segmentos de mineração e de siderurgia.²⁴ Os dados da Pesquisa de Inovação do IBGE (PINTEC) ajudam a completar o quadro atual da ciência, tecnologia e inovação no setor de mineração. O elevado grau de agregação dos dados não permite enxergar detalhes, mas algumas tendências se delineiam.

23 *CT-Mineral* (www.finep.br). O fundo tem como executores a Financiadora de Fundos e Projetos (FINEP) e o CNPq. Os recursos correspondem a 2% da CFEM. Ver nota 35 do cap. 4.

24 Aços Villares S/A; Alcoa Alumínio S/A; Anglo American Brasil Ltda; ArcelorMittal Brasil (ex-Acesita); ArcelorMittal Inox Brasil (ex-Acesita); Artegor Laminados Especiais Ltda; Companhia Brasileira de Alumínio; Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração; Companhia Industrial H. Carlos Schneider; Companhia Siderúrgica de Tubarão; Companhia Siderúrgica Nacional; Companhia Vale do Rio Doce; Electro Aço Altona S/A; Gerdau Açominas S/A; Gerdau Aços Especiais S/A; Gerdau Aços Longos S/A; Kryos Tratamento Térmico de Materiais Ltda; Rima Industrial S/A; Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S/A; V&M Do Brasil S/A; Villares Metals S/A; Votorantim Metais Zinco S/A; Votorantim Siderurgia S/A.

Tabela 4 – Recursos dos Fundos Setoriais para Ciência e Tecnologia, com destaque para o CT-Mineral*

Fundos	2001 a 2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CT-Aeronáutico		35.250.246	17.464.509	48.025.461	22.670.718	2.310.778	3.084.589	5.416
CT-Agronegócio	13.904.743	28.447.759	49.940.202	28.369.063	37.845.169	28.792.085	43.109.471	5.771.123
CT-Amazônia		14.333.775	14.418.109	18.994.199	1.892.476	7.969.649	2.585.279	1.734.785
CT-Aquaviário			5.001.010	16.470.017	9.806.612	18.527.218	13.595.072	7.695.551
CT-Biotecnologia	4.198.500	11.456.333	11.214.850	24.449.066	5.763.167	30.910.750	9.386.029	1.329.077
CT-Energia	104.247.373	54.032.029	68.139.667	50.847.694	14.034.863	58.136.747	17.609.506	5.375.663
CT-Espacial	2.869.987	1.256.920	220.000	249.400				1.970.894
CT-Hidro	34.369.825	22.848.720	18.794.576	35.610.554	17.244.141	15.051.164	16.878.539	2.001.467
CT-Info	39.759.610	11.822.620	20.720.534	7.846.226	10.386.209	5.825.518	4.701.188	65.007
CT-Infraestrutura	283.501.630	77.808.742	132.339.577	254.498.896	184.667.375	322.038.172	423.482.914	42.296.851
CT-Mineral	6.515.185	6.024.584	4.841.588	14.909.527	659.807	7.170.502	931.190	1.280.882
% sobre total	1,7	0,9	0,6	1,4	0,1	0,4	0,1	0,2
Projetos	43	23	40	71	2	31	3	13
CT-Petróleo	157.458.021	51.594.963	34.039.346	110.540.804	53.916.231	55.505.315	52.813.946	4.665.900
CT-Saúde	13.013.367	14.361.352	7.112.917	27.748.795	16.543.413	32.112.147	32.182.913	4.355.201
CT-Transporte	4.006.815							
CT-Transversal		217.717.535	321.087.448	392.073.684	382.132.815	362.687.325	224.326.612	96.222.437
FNDCT	48.304.010	81.838.596	38.858.429	47.749.979	30.055.787	351.954.182	273.421.054	209.353.048
Subvenção					503.119.242	380.128.098	411.523.487	251.632.731
Verde e Amarelo	243.462.889	47.438.180	16.157.835	24.639.153	17.069.933	12.275.501	5.017.150	8.370.102
Total	955.611.954	676.232.355	760.350.597	1.103.022.520	1.307.807.957	1.691.395.151	1.534.648.940	644.126.136

* Os recursos estão consolidados em reais (R\$) a valores correntes.

Fonte: elaboração própria a partir de dados do MCT, 2010.

Apesar de os dados oficiais não permitirem isolar a extração de petróleo das demais atividades da indústria extrativa – e é fato que a Petrobras tem aumentado seus gastos com P&D –, a participação das empresas desse segmento no gasto total de P&D das empresas brasileiras tem caído. Mesmo que, em termos absolutos, os valores tenham mais que dobrado entre 2000 e 2008, a participação caiu de 0,8% para 0,5%. No mesmo período, a participação da mineração na receita total da indústria brasileira subiu de 2,2% para 3,0%, como mostra a tabela 5.

Tabela 5 – P&D e inovação nas indústrias extrativas

	Ano	Empresas ⁽³⁾	Inovação	P&D ⁽⁴⁾	Gastos P&D (mil R\$) ⁽⁵⁾	Receita (mil R\$) ⁽⁶⁾
Indústrias extrativas ⁽¹⁾	2000	1.729	297	69	29.094	12.796.497
	2003	1.888	415	76	28.492	23.867.718
	2005	1.849	427	18	77.575	37.854.126
	2008	2.076	491	100	73.969	56.717.465
Brasil ⁽²⁾	2000	72.005	22.698	7.412	3.741.572	582.406.146
	2003	84.262	28.036	4.941	5.098.811	953.705.414
	2005	95.301	32.796	6.168	10.387.490	1.357.329.945
	2008	106.862	41.262	4.754	15.229.008	1.896.136.040
Indústrias extrativas/ Brasil (%)	2000	2,4	1,3	0,9	0,8	2,2
	2003	2,2	1,5	1,5	0,6	2,5
	2005	1,9	1,3	0,3	0,7	2,8
	2008	1,9	1,2	2,1	0,5	3,0

⁽¹⁾ As indústrias extrativas incluem as atividades econômicas de extração de carvão mineral, de petróleo e de serviços correlatos, de minerais metálicos e de minerais não metálicos.

⁽²⁾ Os dados agregados para o Brasil incluem as indústrias extrativas e de transformação e excluem agricultura e serviços.

⁽³⁾ Empresas que realizaram inovações nos períodos 1998-2000, 2001-2003, 2004-2005 e 2006-2008.

⁽⁴⁾ Empresas que executaram atividades internas de P&D nos mesmos períodos.

⁽⁵⁾ Valores correntes referentes ao ano.

⁽⁶⁾ Receita líquida de venda de produtos ou serviços.

Fonte: elaboração própria a partir de dados da PINTEC/IBGE, 2000; 2003; 2005; 2008.

A proporção de gastos com P&D sobre a receita líquida das empresas é muito menor nas indústrias extrativas do que a média das indústrias brasileiras, como mostra a tabela 6. Essa situação é esperada, uma vez que a intensidade relativa de gastos com pesquisa e desenvolvimento nas indústrias extrativas costuma ser menor em todo o mundo. Entretanto, não deixa de ser preocupante a trajetória de redução de gastos das empresas brasileiras desse setor enquanto as demais apresentam incremento. Em 2000, as extrativas gastavam três vezes menos do que a média; em 2008, seis vezes menos.

Tabela 6 – Intensidade de P&D nas indústrias extrativas

	Ano	Gastos P&D/Receita (%)
Indústrias extrativas	2000	0,23
	2003	0,12
	2005	0,20
	2008	0,13
Brasil	2000	0,64
	2003	0,53
	2005	0,77
	2008	0,80

Fonte: elaboração própria a partir de dados da PINTEC/IBGE, 2000; 2003; 2005; 2008.

Inovações radicais em mineração são muito raras, mas seus impactos são profundos. A técnica egípcia de fragmentação de rochas por aquecimento e resfriamento permitiu obter metais duros, que serviram para fabricar ferramentas mais eficazes, capazes de romper rochas e de trabalhar o solo de modo inédito. Apenas a dinamite, no século XIX, que definiu novas escalas e velocidades à mineração, teve um impacto comparável. À sombra de poucas inovações revolucionárias, muitos dos desenvolvimentos técnicos da

mineração ocorreram no cotidiano da busca por eficiência econômica, com melhorias incrementais, difusas na cadeia de produção, ora nas técnicas de extração, ora nas de processamento, ora na busca por novas jazidas. O avanço da mineração foi sempre tão ligado ao crescimento econômico que, na prática, é difícil delimitar o que causou o quê.

O crescimento econômico provoca demanda, que causa a escassez das matérias-primas, que põe em movimento avanços tecnológicos na mineração ou cria alternativas a ela. Os avanços tecnológicos levam ao aumento da eficiência e da lucratividade (fazendo os preços subirem mais do que os custos), que estimulam os investimentos, que expandem a oferta (reduzindo os preços) e trazem crescimento econômico. Esse mesmo ciclo virtuoso pode se tornar vicioso quando a variável de avanço tecnológico é excluída. Se não houver resposta tecnológica à escassez, os preços sobem, as margens caem (tornando a extração mais difícil e mais cara), o consumo diminui, ocorre desaceleração e crise. Em momentos de crise, não há excedentes para o investimento necessário na melhoria da tecnologia nem tolerância ao risco que toda mudança tecnológica impõe.

A mineração brasileira, impulsionada pela modernização chinesa e dos demais países emergentes (incluindo a local), engatou um ciclo de expansão e de modernização sem precedentes, com um ímpeto que não era visto desde a década de 1940, quando a indústria siderúrgica foi implantada e começou a exportação sistemática de minério de ferro bruto para financiar a compra do carvão mineral para os altos-fornos. Uma conta aparentemente contraditória, mas que fechava com saldo positivo. A diferença é que, desta vez, o investimento é principalmente privado. Além disso, graças aos investimentos e à continuidade da formação de pesquisadores garantida pelo setor público, há condições objetivas para alterar a dívida histórica que os esforços de desenvolvimento brasileiros têm com a tecnologia.

O Ciclo do Ouro, que teve seu auge no século XVIII, nasceu e morreu na base do garimpo: nenhuma nova técnica relevante foi desenvolvida, nenhuma escola foi fundada. Quando o ouro que estava ao alcance da mão rareou, veio o declínio. Durante todo o século XIX, pequenos projetos estatais e privados tentaram produzir ferro no Brasil, mas nenhum conseguiu resultar em um produto de alta qualidade. As características do minério daqui desafiavam as técnicas rudimentares empregadas. Foi preciso esperar o século

XX e a firme convicção estatal de desenvolver a indústria para viabilizar a produção em escala eficiente, porém com tecnologia importada.

Nessa época, felizmente, o Brasil já contava com universidades e institutos de pesquisa, alguns fundados durante o Império, responsáveis pela formação de técnicos e pesquisadores de bom nível. A quantidade era insuficiente, mas foi essa base que adaptou a tecnologia estrangeira, tropicalizando processos definidos em condições muito menos agressivas de umidade e temperatura, para minerais com outras características. O modelo deu certo, e o Brasil passou de mero usuário para a condição de técnico qualificado. Muitas escolas foram criadas, tecnologias foram importadas, e técnicos estrangeiros passaram a frequentar o país. O nível tecnológico e de conhecimento em muitas operações de mineração se elevou, equiparando-se aos melhores padrões mundiais. Mas o rudimentar persiste em atividades descapitalizadas, como as pedreiras, a mineração cimenteira, a extração de carvão mineral, as técnicas baseadas em drenagem de aluviões, a extração de pedras ornamentais e o precário garimpo que faz enormes estragos ambientais e produz violência no norte do país.

O período de crise na mineração, que se estendeu de meados dos anos 1970 ao início dos 1990, consolidou o modelo de técnico qualificado. A estratégia das empresas, com os investimentos em baixa, era manter os gastos com conhecimento e aprendizado no nível mínimo necessário para garantir a rentabilidade nas operações. Apesar disso, as escolas se consolidaram e avançaram na direção de programas de pós-graduação cujos frutos começaram a aparecer de modo vigoroso na década de 2000.²⁵

25 Entre elas, estão: Departamento de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), herdeiro da antiga Escola de Minas de Ouro Preto; Departamento de Engenharia Metalúrgica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); Instituto de Geociências da UFRJ; Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), do MCT, com convênio entre o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio); Departamento de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ); Instituto de Geociências e Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda da Universidade Federal Fluminense (UFF); Departamento de Engenharia de Minas e de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); Departamento de Engenharia Metalúrgica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Departamento de Engenharia de Minas da UFRGS; Instituto de Geociências da UFRGS; Fundação de Ciência e Tecnologia (CIENTEC), no Rio Grande do Sul; Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT); Instituto Geológico (IG), de São Paulo; Departamento de Engenharia de Minas e Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli/USP); Instituto de Geociências da USP; Instituto de Geociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp); Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp); Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (UnB); Instituto de Química da Unesp; Instituto de Geologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR); Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA); Departamento de Engenharia de Minas/Geologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB); Departamento de Geologia da Universidade

Iniciado o novo ciclo de investimentos, as empresas retomaram a estratégia de importar e adaptar, que hoje apresenta limites mais estreitos: o acirramento competitivo tende a bloquear a transferência das tecnologias mais avançadas. Mesmo que o atual período de crise dos países desenvolvidos, iniciado em 2009, facilite as transações, essa situação pode se reverter. Além disso, a persistência de subinvestimentos em conhecimento tende a ser acompanhada por subinvestimentos em capital, seja por timidez no investimento, seja pela adoção irreversível de tecnologias menos eficientes.

As condições são muito favoráveis a uma nova mudança de patamar, de técnico qualificado a protagonista tecnológico: há dinheiro nas empresas e no governo. E, principalmente, há gente. O Brasil possui quase 17 mil pesquisadores mestres ou doutores em áreas de interesse da mineração, e pelo menos 11 mil deles são jovens que se titularam entre 2001 e 2010. O sistema acadêmico não poderá absorver a curva exponencial que criou, e o setor produtivo tem a real possibilidade de incorporar o conhecimento dessas pessoas e ganhar acesso às redes das quais elas participam. As iniciativas de algumas empresas brasileiras na criação das condições para essa mudança de patamar merecem ser aplaudidas por seus acionistas e receber apoio do governo para concretizar ganhos econômicos, sociais e ambientais do investimento realizado em C&T durante tantos anos.

Há barreiras que precisam ser reconhecidas e discutidas. Do lado produtivo, por exemplo, os limites legais e operacionais da propriedade intelectual são um problema que se torna cada vez mais sério à medida que as empresas se empenham mais para se tornar protagonistas tecnológicos. Do lado da C&T, os mecanismos institucionais de incentivo precisam promover parcerias que não sejam predatórias da sua missão de produção de conhecimento e formação de pessoas nem substituam o investimento empresarial em inovação. Cabe ainda ao poder público o desenho de políticas que promovam a aproximação entre pesquisadores e os segmentos mais fragilizados da mineração, incentivando, por exemplo, o acesso a recursos para investimentos em modernização e escala condicionados a projetos inovadores com participação de jovens nas empresas, nas associações patronais e em arranjos cooperativos.

Federal do Rio Grande do Norte (UFRN); Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará (UFC); Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA); Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG); Centros de Pesquisa da Minerações Brasileiras Reunidas S/A (MBR); Centros de Pesquisa da Vale; Centro de Pesquisa do Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN), e Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC). Há também as Escolas Técnicas Federais (CEFETs), que oferecem formação em especialidades ligadas à mineração de acordo com as vocações regionais.



6 ESTUDO DE PATENTES DE SETORES AVANÇADOS PARA O SETOR MINERAL



O campo da economia industrial costuma associar atividades típicas do primeiro setor – a geração de produtos primários – a modos de produção considerados primitivos, pouco intensivos em tecnologia e potencial para impulsionar o desenvolvimento. Parece haver certo consenso de que o progresso econômico implica o afastamento das atividades relacionadas aos recursos naturais rumo a setores teoricamente mais ricos em conhecimento, habilidades, capital e tecnologia.¹

Seria leviano, porém, aceitar que a falta de dinamismo tecnológico é uma característica intrínseca dos setores que produzem bens primários. O suporte que a engenharia genética e a biotecnologia vêm dando a atividades da agricultura, da indústria florestal e da pesca e a contribuição da geologia e de outras ciências da terra para a indústria de exploração e de produção de minérios e de petróleo levantam dúvidas sobre essa perspectiva.

Para compreender a dinâmica inovativa que cerca a indústria de mineração, foram analisadas patentes depositadas no escritório de patentes dos Estados Unidos (USPTO, na sigla em inglês), entre 1976 e 2010, por meio de três recortes complementares. O primeiro, *Mining Technologies*, se baseou em seis tipos de patentes da classificação americana (USPC, na sigla em inglês) que podem estar relacionados a atividades de mineração. O objetivo foi delinear uma caracterização mais horizontal das atividades tecnológicas geradas pela indústria, que abranja transversalmente todos (ou muitos dos) subcampos da indústria da mineração.

O segundo, *Fornecedores da Mineração*, se baseou em uma extensa lista de fornecedores de máquinas, equipamentos, insumos e outros produtos e

¹ Ver cap. 9, *Atividades primárias e minerais em perspectiva histórica*.



serviços para a indústria de mineração levantada a partir de duas bases: *Mining Technology*² e *World Mining Equipment*³. Esse recorte possibilitou visualizar com clareza o poder catalisador da cadeia da mineração, que tem sua busca por eficiência e por produtividade atendida por soluções desenvolvidas por uma rede de fornecedores de diversos setores intensivos em conhecimento.

O recorte Empresas Mineradoras utilizou a compilação feita pelo *site Mineweb*⁴ das cem principais companhias exploradoras de minério em termos de valor de mercado, buscando ilustrar o esforço tecnológico dessa indústria dita primária. Em conjunto, os três recortes apresentam um escopo tecnológico amplo, que mostra como a indústria de mineração congrega estratégias de diversificação e tecnologias complementares baseadas em soluções tecnológicas de uso genérico.

Todos os dados foram extraídos com ajuda do *software* ElabMapper, que conta com diversas ferramentas para combinar uma visão macro e detalhamentos direcionados e precisos. Com ele, o pesquisador, o analista ou o formulador de estratégias pode compreender cenários e elaborar alternativas de ação de modo acurado. O cruzamento de diversas fontes de informação (competências, patentes e artigos) ajuda a encontrar diferentes possibilidades de tomada de decisão.

A principal vantagem da restrição das patentes analisadas aos registros do USPTO é a possibilidade de comparação entre as patentes requeridas e campos relevantes como os países de origem dos depositantes. A análise focada nos EUA, porém, concentra as patentes de maior potencial comercial em termos globais. É de esperar que o país de maior pujança científica e tecnológica reúna grande parte dos esforços tecnológicos patenteáveis. Como cada escritório nacional tem especificidades, e diferentes mercados possuem atrativos diversos em termos de proteção à propriedade intelectual, é difícil – e talvez incoerente – comparar patentes depositadas em países distintos. Essa escolha, entretanto, não permite captar a dinâmica tecnológica de mercados específicos nem estratégias competitivas de empresas multinacionais e superestima o esforço tecnológico de organizações localizadas nos Estados Unidos.

2 www.mining-technology.com

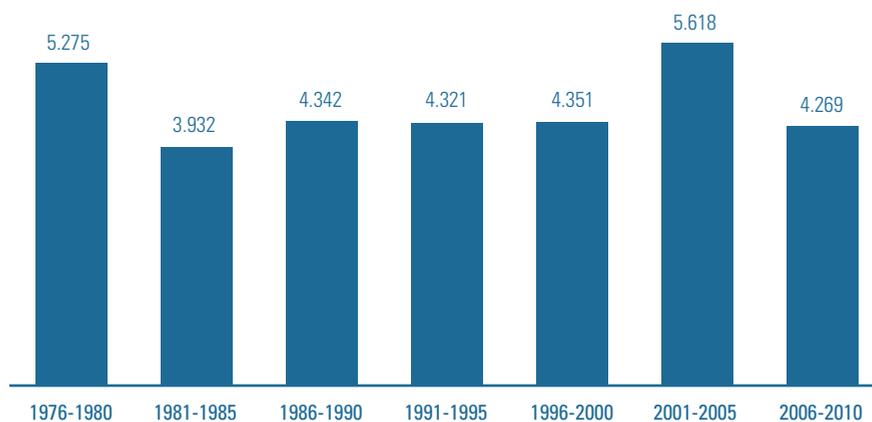
3 www.wme.com

4 www.mineweb.com

Mining Technologies

Esse recorte foi baseado na contribuição de Kaplan (2011) e define algumas tecnologias mais pertinentes à indústria de mineração de acordo com a USPC.⁵ Como vincular uma atividade industrial a um conjunto de classes de patentes é uma tarefa complexa, o recorte *Mining Technologies* acabou tanto incluindo invenções não destinadas à indústria mineradora quanto excluindo algumas patentes relevantes. Ainda assim, pode ser de grande valia para a análise da dinâmica inventiva de atividades econômicas da mineração. A classe processos metalúrgicos especializados (075) foi mantida apesar de reunir atividades a jusante⁶ da cadeia mineradora, para respeitar a delimitação do recorte inicial e ampliar a diversidade, possibilitando uma comparação melhor com os demais recortes. Essa busca por patentes retornou 32.108 documentos, que foram distribuídos em subperíodos de cinco anos. O gráfico 1 mostra dois picos de atividade patentária: nos períodos de 1976 a 1980 e de 2001 a 2005.

Gráfico 1 – Distribuição das patentes do recorte *Mining Technologies* em subperíodos de cinco anos



Fonte: elaboração própria a partir de dados do USPTO, 1976-2010.

5 Foram selecionadas as classes 299 (mineração *in situ* – desintegração de material duro); 051 (material, composição e processo de manufatura de ferramentas abrasivas); 023 (química: processos físicos); 037 (escavação); 075 (processos metalúrgicos especializados), e 172 (trabalho na terra).

6 Ver nota 3 do cap. 4.

O gráfico 2 mostra o número de documentos em cada uma das classes de patentes selecionadas.⁷ Há um predomínio da classe 075 (processos metalúrgicos especializados), genérica para processos de produção e recuperação de metais (a partir de compostos metálicos, minerais ou sucata), refino de metal líquido e as composições utilizadas nesses processos. Também se destaca a classe 172 (trabalho na terra), que envolve o tratamento físico da terra, incluindo compactação, trituração, cultivo, corte, escavação, estrias, nivelamento, mistura, aração, pulverização, rolagem, raspagem, suavização e plantio.

Gráfico 2 – Número de patentes por classe que compõem o recorte *Mining Technologies*

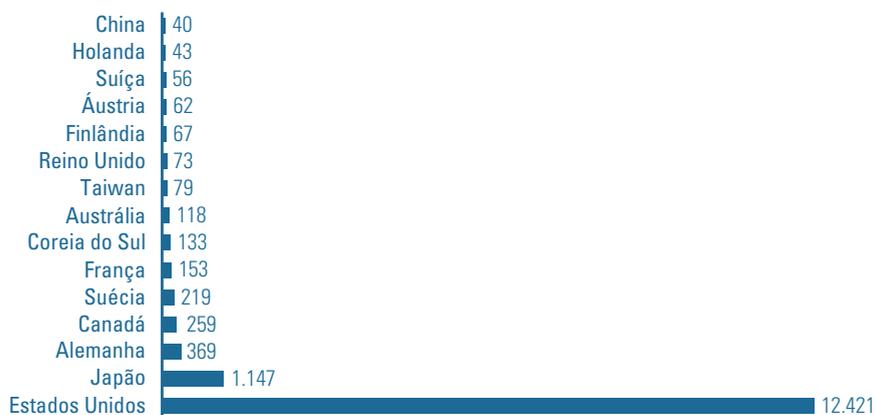


Fonte: elaboração própria a partir de dados do USPTO, 1976-2010.

O gráfico 3, na próxima página, revela que, do total de patentes recuperadas, cerca de 39% foram depositadas por organizações sediadas nos Estados Unidos. No entanto, esse predomínio precisa ser relativizado, uma vez que não há informação sobre o país de origem do depositante em 55% das patentes, e os EUA são o país-sede do USPTO. Dentre os demais países, destacam-se aqueles onde a indústria de mineração exerce um papel preponderante – a Austrália e o Canadá –, bem como aqueles nos quais a mineração deixou de exercer um peso econômico fundamental – como a Finlândia, a França, o Reino Unido e a Suécia. Uma leitura possível é que o primeiro grupo tem alcançado certa diversificação além da mineração, e o segundo conseguiu alavancar atividades de natureza tecnológica distinta a partir das demandas geradas no passado pela indústria de mineração.

7 É importante ressaltar que a soma dos documentos em cada classe extrapola o número total de documentos, dado que um único documento pode pertencer a diferentes classes de patentes.

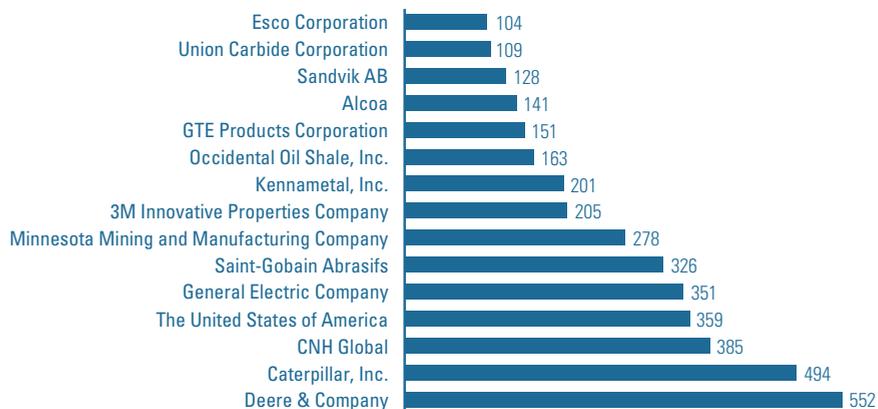
Gráfico 3 – País de origem dos principais depositantes do recorte *Mining Technologies*



Fonte: elaboração própria a partir de dados do USPTO, 1976-2010.

As principais organizações depositantes das patentes recuperadas no recorte são apresentadas no gráfico 4. Boa parte dos 15 depositantes mais relevantes são empresas dedicadas ao fornecimento de máquinas, equipamentos, ferramentas e serviços para a indústria de mineração, com destaque para a Deere & Company, a Caterpillar e a CNH Global⁸.

Gráfico 4 – Principais depositantes do recorte *Mining Technologies*

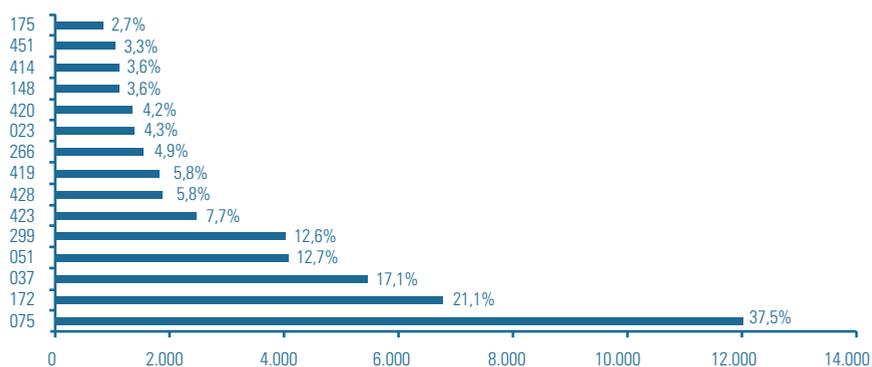


Fonte: elaboração própria a partir de dados do USPTO, 1976-2010.

8 Inclui as patentes da New Holland NV e da Case Corporation, companhias que se fundiram em 1999 para formar a CNH America.

Embora o recorte tenha sido feito a partir de seis classes patentárias, os mais de 32 mil documentos estão classificados em 372 classes. O gráfico 5 reúne as 15 principais classes de patentes durante o período analisado. Além das seis classes do recorte inicial, destacam-se as classes 423 (química de compostos inorgânicos), 428 (material de estoque ou artigos diversos) e 419 (processos de metalurgia do pó).

Gráfico 5 – Principais classes USPC do recorte *Mining Technologies*⁹



Fonte: elaboração própria a partir de dados do USPTO, 1976-2010.

Para comparar a composição das principais classes de patentes ao longo dos anos, foram agrupadas as 15 principais classes do primeiro subperíodo da série, de 1976 a 1980, e do último, de 2006 a 2010, apresentados nos gráficos 6 e 7, na próxima página.

No gráfico 6, aparecem todas as classes do recorte original: 023, 051, 037, 299, 172 e 075.¹⁰ Dessas, cinco aparecem também no gráfico 7 (299, 037, 051, 075 e 172). Entre as classes que não apareciam no recorte inicial,¹¹ outras sete figuram nos dois períodos: 175, 419, 428, 414, 266, 420 e 423. Esse pode ser um indício de uma mudança no perfil tecnológico das

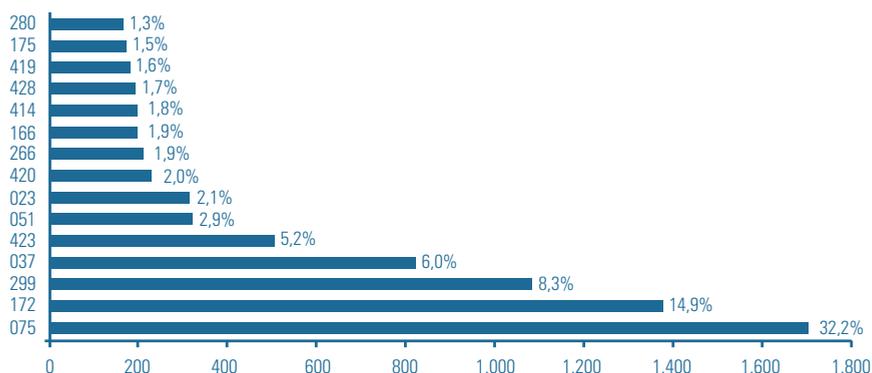
9 Ver nota 7.

10 Ver nota 5.

11 Apareceram as seguintes classes que não pertenciam ao recorte inicial: 280 (veículos terrestres); 175 (perfurar ou penetrar a terra); 266 (aparato metalúrgico); 414 (manuseio de artigos e materiais); 419 (processos de metalurgia do pó); 420 (ligas ou composições metálicas); 423 (química de compostos inorgânicos); 428 (material de estoque ou artigos diversos); 451 (abrasão); 166 (poços); 252 (composições) e 977 (nanotecnologia).

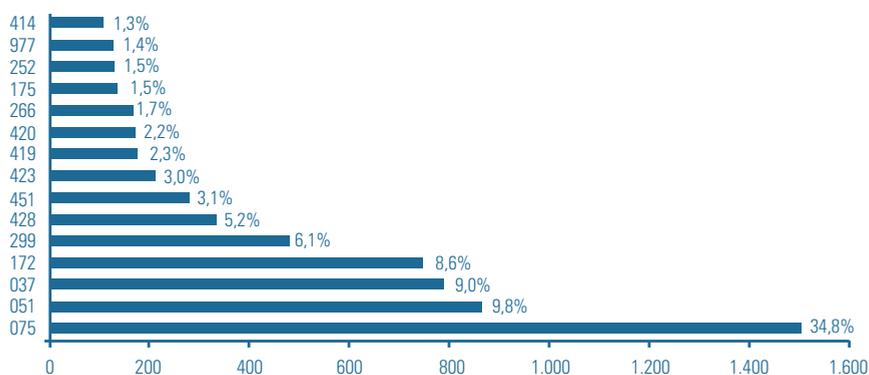
inovações que foram incorporadas à indústria de mineração ao longo dos anos. Esses dois gráficos revelam um caráter mais diverso e difuso das tecnologias relacionadas à mineração do que o recorte inicial poderia sugerir, embora haja um predomínio de patentes relacionadas à metalurgia.

Gráfico 6 – Principais classes USPC do recorte *Mining Technologies* de 1976 a 1980¹²



Fonte: elaboração própria a partir de dados do USPTO, 1976-2010.

Gráfico 7 – Principais classes USPC do recorte *Mining Technologies* de 2006 a 2010¹³



Fonte: elaboração própria a partir de dados do USPTO, 1976-2010.

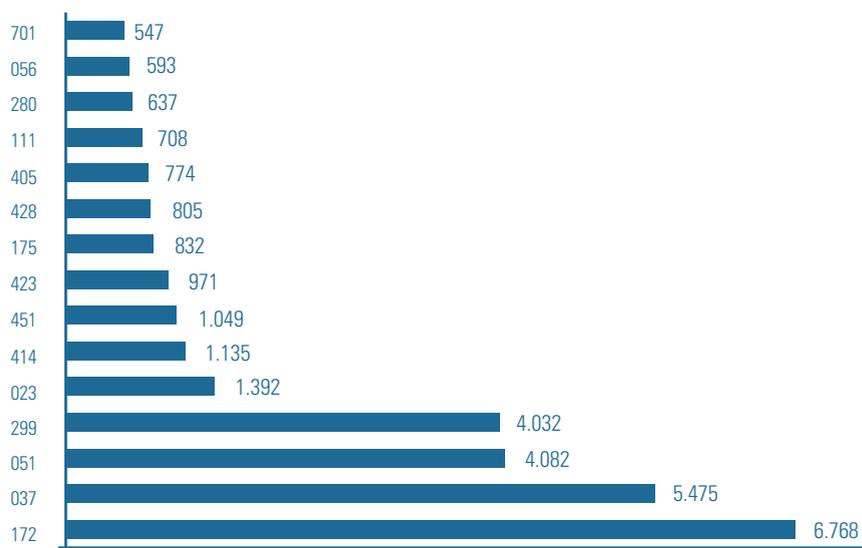
12 Ver nota 7.

13 Ver nota 7.

Tecnologias aplicadas à mineração

Quando a classe 075 (processos metalúrgicos especializados) é excluída, tem-se uma figura mais nítida do escopo tecnológico relacionado à mineração, revelada no gráfico 8. Nele, aparecem tecnologias de aplicação mais genérica, com potencial de se espalhar por uma ampla gama de indústrias. Isso significa que as tecnologias aplicadas à mineração envolvem conhecimentos diversos, de veículos automotores (208) a engenharia hidráulica (405) e processamento de dados (701).

Gráfico 8 – Principais classes USPC no recorte Mining Technologies, excluindo a classe 075¹⁴



Fonte: elaboração própria a partir de dados do USPTO, 1976-2010.

Os dados corroboram a perspectiva de que a exploração de recursos naturais requer o desenvolvimento de tecnologias diversas, e que essa atividade dita primária tem grande potencial de catalisar o progresso técnico por meio de sua busca por mais produtividade e eficiência. Essa assertiva reforça a ideia de que o que define as possibilidades de uma atividade econômica estimular a inovação e, por conseguinte, o desenvolvimento econômico, não é o que é produzido, mas *como*.

14 Ver nota 7.

A tabela 1 reúne o número de patentes das seis classes do recorte original,¹⁵ mais 13 classes que apareceram entre as 15 mais importantes no período de 1976 a 2010 e no primeiro e no último subperíodos.¹⁶ As classes que mais cresceram foram 977 (nanotecnologia), 451 (abrasão) e 051 (processos de manufatura de ferramentas abrasivas), e as que tiveram maior redução média foram 166 (poços), 299 (mineração *in situ* – desintegração de material duro) e 023 (química: processos físicos).

Tabela 1 – Crescimento médio das classes de patentes escolhidas, por subperíodo¹⁷

Classe USPC	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	Crescimento médio (%)*
166	197	95	42	23	22	27	22	-26,9
252	128	69	109	81	106	125	125	7,0
977	0	1	3	7	33	68	124	202,7
148	123	152	198	161	182	224	103	14,3
175	170	124	119	107	98	107	132	-8,1
266	209	266	235	260	226	204	163	0,7
414	196	131	165	174	179	193	104	1,8
419	180	250	446	237	271	291	172	18,4
420	227	240	258	171	159	141	168	-7,8
423	502	372	380	407	303	303	208	-8,4
428	191	198	213	306	265	372	326	16,4
451	72	44	81	120	191	275	274	39,3
023	313	216	216	198	177	184	88	-9,2
075	1700	1610	1837	1725	1596	2093	1486	5,3
037	817	511	646	694	876	1154	777	10,9
051	318	259	437	645	628	943	852	29,1
299	1077	658	570	416	376	463	472	-13,2
172	1366	885	890	850	989	1052	736	-3,3

* Por subperíodo, excluindo o último subperíodo.

Fonte: elaboração própria a partir de dados do USPTO, 1976-2010.

15 Ver nota 5.

16 Antes de aprofundar a análise, é preciso ressaltar que a queda observada na maioria das classes durante o último subperíodo pode ser atribuída ao prazo médio de 18 meses que o USPTO leva para publicar os pedidos de patente. Sendo assim, boa parte dos pedidos efetuados no segundo semestre de 2010 não consta do recorte.

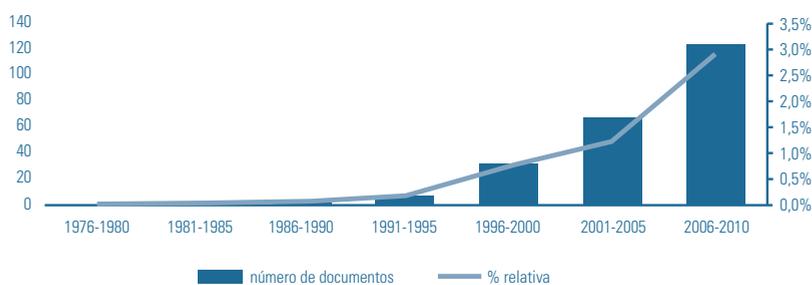
17 Ver nota 7.

Nanotecnologia

Entre 2000 e 2010, a nanotecnologia (classe 977) passou a ser um foco crescente dos processos de busca por melhoria na metalurgia do ferro, em especial na produção de materiais de alta qualidade para as indústrias ótica, eletrônica, aeronáutica, aeroespacial, de construção e de energia. O aço composto por nanocristais, por exemplo, tem qualidade mais elevada, maior estabilidade em baixa temperatura e resistência à corrosão. O desenvolvimento desse tipo de melhoria em produtos metalúrgicos tende a aumentar sua competitividade no mercado global, permitindo a utilização em um número mais amplo de destinações.

O gráfico 9 mostra a evolução da classe 977 dentro do recorte *Mining Technologies*, revelando que a participação relativa passou de zero, em 1976, para cerca de 3% no subperíodo 2006-2010. Houve um crescimento de 100% nesse subperíodo, a despeito de haver um viés para baixo devido à existência de patentes não publicadas.¹⁸ O gráfico 10, na página seguinte, ressalta que, das 236 patentes classificadas na classe 977, cerca de 90% são invenções da classe 075 (processos metalúrgicos especializados), mostrando que etapas a jusante¹⁹ na cadeia da mineração, como a metalurgia, também são importantes propulsores do progresso técnico. Mais do que isso, a concatenação das demandas tecnológicas dos diferentes elos da cadeia da mineração pode gerar um círculo virtuoso de desenvolvimento econômico e tecnológico.²⁰

Gráfico 9 – Evolução da classe 977 no recorte *Mining Technologies*²¹



Fonte: elaboração própria a partir de dados do USPTO, 1976-2010.

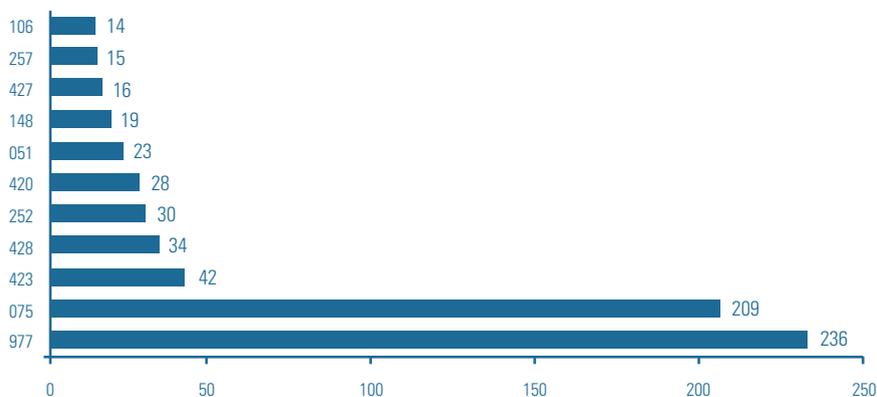
18 Ver nota 16.

19 Ver nota 3 do cap. 4.

20 Ver seção final do cap. 5.

21 Ver nota 7.

Gráfico 10 – Classes das patentes em nanotecnologia²²



Fonte: elaboração própria a partir de dados do USPTO, 1976-2010.

Fornecedores da Mineração

Esse recorte se concentrou na busca por patentes dos principais fornecedores de máquinas, equipamentos, insumos, serviços e outros produtos fundamentais à indústria de mineração de 2005 a 2011. Como as inovações tecnológicas empregadas pela indústria mineradora são, em sua maioria, introduzidas por seus fornecedores, o recorte é essencial para compreender o real potencial que o setor exerce no desenvolvimento de atividades tecnológicas em outras atividades econômicas. A geração de novas tecnologias na mineração é dominada por agentes que se encontram a montante²³ na cadeia produtiva. De modo geral, essas empresas são baseadas em ciência (com desenvolvimentos tecnológicos apoiados em avanços científicos recentes, como nos setores onde a biotecnologia tem um papel relevante) ou intensivas em escala (onde o volume produzido por período é uma variável importante na determinação de vantagens competitivas, como no setor têxtil).

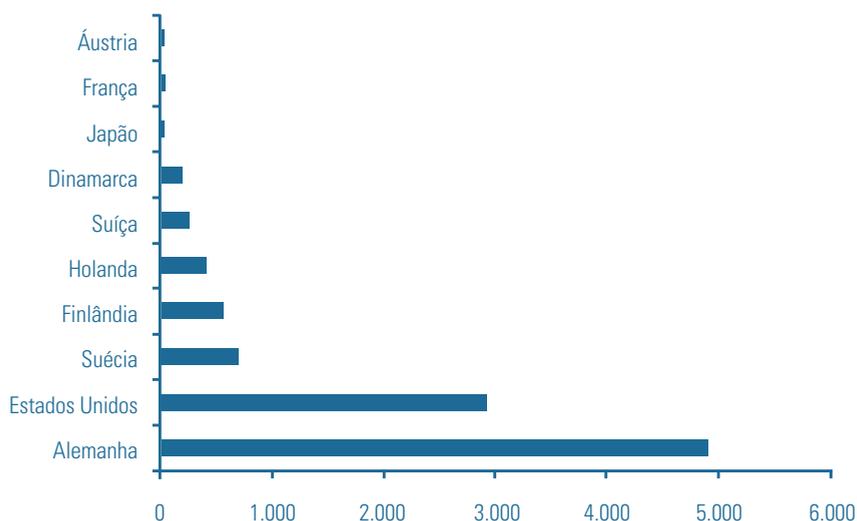
Foram recuperados 10.776 documentos de patentes, e o gráfico 11, na próxima página, mostra os principais países de origem dos depositantes para o período em questão. Países que tiveram atividades mineradoras (de metais

²² Ver nota 7.

²³ Ver nota 3 do cap. 4.

ou de carvão) significativas em algum momento de sua história marcam forte presença, como os Estados Unidos, a Alemanha, a França, a Finlândia e a Suécia.

Gráfico 11 – Principais países de origem dos depositantes do recorte Fornecedores da Mineração

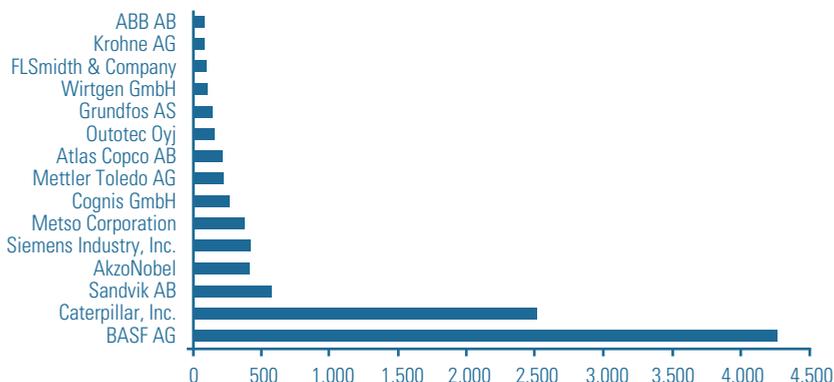


Fonte: elaboração própria a partir de dados do USPTO, 2005-2011.

Os dados ajudam a corroborar o papel da mineração na geração de novas tecnologias em outros setores e no desenvolvimento tecnológico e econômico em geral. Esse pode ser um indicador da capacidade desses países de tirar proveito da força de seus setores minerais para se diversificar lateralmente, aproveitando as complementaridades de conhecimento a ponto de desenvolver empresas fornecedoras que se mantiveram competitivas mesmo após a atividade de mineração perder relevância. No entanto, é preciso que isso seja relativizado em setores que fornecem soluções para uma gama muito ampla de indústrias, como a química.

O gráfico 12, na próxima página, apresenta os principais depositantes no período analisado. Como no recorte *Mining Technologies*, houve predomínio de fornecedoras de máquinas, equipamentos e sistemas, mas também se destacaram fornecedores de insumos químicos, incluindo alguns dos principais atores do cenário da inovação no mundo, como a BASF, a Siemens, a Caterpillar e a AkzoNobel.

Gráfico 12 – Principais depositantes de patentes do recorte Fornecedores da Mineração



Fonte: elaboração própria a partir de dados do USPTO, 2005-2011.

Indústria química

Dentre os principais depositantes de patentes expostos no gráfico 12, três são importantes empresas da indústria química: as alemãs BASF e Cognis e a holandesa AkzoNobel. O desenvolvimento de tecnologias de origem química para a indústria de mineração sempre esteve associado à necessidade de reduzir os custos e melhorar a eficiência da produção. Nos processos de flotação, por exemplo, são empregados reagentes que separam o material indesejado do minério, transportando-o em bolhas para a parte superior e controlando o pH. Químicos de base, como o ácido sulfúrico, também são amplamente utilizados em processos de extração por lixiviação.

As empresas líderes do setor costumam investir na melhoria das tecnologias já existentes, como as de floculação, separação e descarte de ganga. Ainda há, no entanto, muito espaço para o desenvolvimento e o aprimoramento dos processos e dos produtos necessários para a exploração, o transporte, o tratamento de rejeitos e a redução da utilização de água. Os xantatos, por exemplo, são bastante utilizados em processos de flotação, mas têm sido desenvolvidos para, além de apresentar bom desempenho, ter menos efeitos nocivos sobre a saúde dos trabalhadores e o meio ambiente.

A BASF possui um segmento de negócio voltado ao desenvolvimento de soluções para a indústria mineradora (BASF Mining Solutions) dentro

de sua unidade de produtos químicos de alto desempenho (Performance Chemicals). Esse segmento oferece, principalmente, reagentes de processamento para a indústria mineradora e vem buscando desenvolvimentos de menor impacto ambiental. Em 2010, a BASF adquiriu a também alemã Cognis, que aparece em posição de destaque no período analisado. Com isso, passou a oferecer soluções relacionadas a solventes para extração, conhecidos pela sigla SX. Essas aplicações vêm sendo foco de desenvolvimento tecnológico contínuo, incluindo solventes para extração de cobre, urânio e níquel.

A AkzoNobel também possui uma linha de negócios associada à mineração dentro de sua unidade de aditivos de alto desempenho (Performance Additives). A empresa vem buscando desenvolver soluções que permitam elevar a concentração e a pureza de minerais, que terão impacto positivo ao longo da cadeia produtiva. Exemplos desses desenvolvimentos incluem a aglomeração de minério de ferro utilizando aglutinantes orgânicos e a depressão de ganga hidrofóbica por separação seletiva em processo de flotação.

Fornecedores de máquinas, equipamentos e serviços de engenharia

Essa é outra área que apresenta avanços marcantes na tecnologia. Alguns de seus protagonistas foram destacados no capítulo 2,²⁴ e o gráfico 12, na página anterior, apresentou mais algumas empresas com grande número de patentes depositadas. Um exemplo é a Siemens Industry, unidade de negócios da alemã Siemens AG voltada para clientes industriais, atende o setor de mineração fornecendo soluções para a extração e o transporte de minerais, resíduos, subprodutos e beneficiamento de matérias-primas.

A Mettler Toledo tem sede na Suíça e fornece instrumentos de precisão e serviços de engenharia para diferentes indústrias. É a maior fabricante mundial de sistemas de pesagem, que cobrem uma gama de 0,0000001 grama até mil toneladas. Para a mineração, fornece diferentes tipos de balanças para pesar minério bruto, produtos intermediários e finais.

A finlandesa Outotec é especializada em desenvolver e fornecer tecnologias de processo para a indústria mineral e metalúrgica. Foi estabelecida ao final da década de 1940 com o nome Outokumpu Technology, uma unidade de negócio da mineradora e metalúrgica Outokumpu

24 Ver seção *Experiências históricas das relações entre mineração e fornecedores de soluções*, do cap. 2, em especial a tabela 1.

destinada ao desenvolvimento e à comercialização de soluções tecnológicas para diferentes etapas da cadeia produtiva mineral. Quando se tornou uma empresa independente, em 2006, recebeu o nome Outotec.

Com sede na Dinamarca, a Grundfos tem foco no desenvolvimento de bombas e estações de bombeamento para diferentes aplicações industriais. Na mineração, fornece soluções para minas de superfície, a céu aberto ou subterrâneas. Outra empresa de base dinamarquesa é a FLSmidth & Company, que fornece equipamentos e serviços de engenharia para as indústrias de cimento e minerais.

A Wirtgen é uma empresa alemã que desenvolve equipamentos para as indústrias de mineração e de construção, sobretudo fresadoras a frio, pavimentadoras de concreto e mineradoras de superfície. A também alemã Krohne se especializa no desenvolvimento de soluções de instrumentação para diversas indústrias, principalmente medidores de fluxo, temperatura e pressão.

Para analisar os campos tecnológicos dos principais patenteadores expostos no gráfico 12 que não fazem parte da indústria química (ou seja, excluindo as empresas BASF, AkzoNobel e Cognis), optou-se por separar a Caterpillar (tabela 2) das restantes (tabela 3, na próxima página). A principal razão foi evitar a criação de um viés na análise, já que a empresa deposita um grande volume de patentes.

Tabela 2 – Patentes depositadas pela Caterpillar²⁵

Classe USPC	Descrição	Nº de documentos
123	Motores de combustão interna	254
060	Estações de energia	244
701	Processamento de dados: veículos, navegação e localização relativa	165
180	Veículos a motor	81
705	Processamento de dados: finanças, administração, gestão ou determinação de custo/preço	71
073	Medições e testes	59
239	Aspersão, pulverização e difusão de fluidos	55
D15	Máquinas não especificadas anteriormente	51
037	Escavações	44
029	Trabalho em metal	43

Fonte: elaboração própria a partir de dados do USPTO, 2005-2011.

²⁵ Ver nota 7.

Tabela 3 – Patentes depositadas pelas demais empresas²⁶

Classe USPC	Descrição	Nº de documentos
073	Medições e testes	114
407	Cortadores para modelagem	104
162	Fabricação de papel e liberação de fibras	94
428	Material de estocagem	75
175	Penetração da terra	72
241	Trituração ou desintegração de material sólido	70
173	Automação de ferramentas de impacto	66
299	Mineração <i>in situ</i> – desintegração de material duro	57
427	Processos de revestimento	56
700	Processamento de dados: sistemas de controle genéricos ou aplicações específicas	52

Fonte: elaboração própria a partir de dados do USPTO, 2005-2011.

Áreas comumente classificadas como de alta tecnologia se destacam nas tabelas 2 e 3. Por exemplo: patentes classificadas como 701²⁷ (processamento de dados: veículos, navegação e localização relativa) e 700²⁸ (processamento de dados: sistemas de controle genéricos ou aplicações específicas) no recorte Fornecedores da Mineração são referentes a *software* embarcado em máquinas e equipamentos. Exemplos de inovações que se enquadram nessa categoria são controle de sistemas de motor baseado em sensor virtual; sistemas para redução de vibração; aparatos, métodos e sistemas para controle e proteção de áreas amplas; equipamentos para

26 Ver nota 7.

27 Mais especificamente, essa classe se aplica a (i) aparelhagem elétrica e métodos para desempenhar operações de processamento de dados quando há alteração significativa nos dados ou operações de cálculo de processos/sistemas que indicam, regulam ou monitoram um veículo e seus movimentos; (ii) aparelhagem elétrica e métodos nos quais um sistema de processamento de dados determina a rota, posição ou distância viajada, e (iii) métodos nos quais o sistema determina a localização de um objeto e sua localização relativa a um outro local.

28 A classe 700 é uma classe genérica para a combinação de processamento de dados ou aparato de cálculo computacional e aparelhos por eles controlados.

mineração com câmera traseira; filtros eficientes de processo adaptativo de processamento espaço-tempo para GPS; sistemas de geração de planejamento de rota para veículos não tripulados, e sistemas e métodos para determinar distância crítica para aviso de colisão. Esses desenvolvimentos são de grande importância para reduzir o custo do minério extraído e aumentar a produtividade das empresas mineradoras.

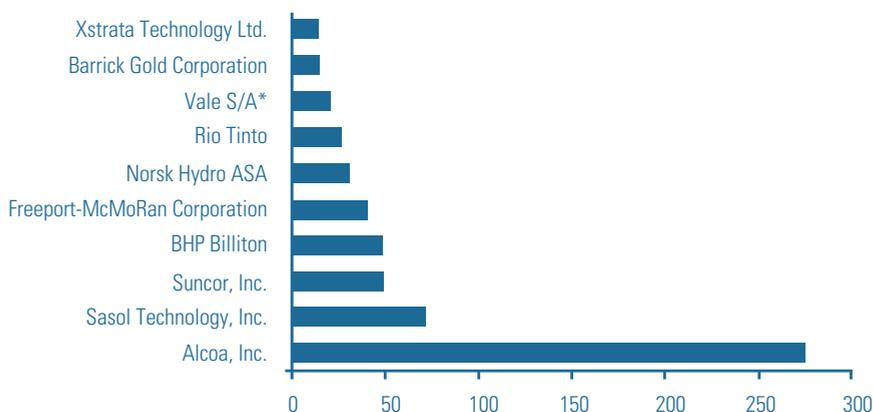
Empresas Mineradoras

Esse recorte levantou as patentes depositadas pelas cem maiores empresas de mineração em 2009, com o objetivo de analisar as atividades tecnológicas empreendidas pela própria indústria da mineração. Foram recuperadas 2.325 patentes, mais de três quartos delas depositadas pela Alcoa Inc.²⁹

Tal disparidade pode ser explicada pelo fato de a Alcoa atuar de maneira integrada, incorporando diversas atividades da cadeia do alumínio, desde o desenvolvimento de tecnologias de processo até mineração, refino, derretimento, fabricação e reciclagem. Além disso, a companhia possui negócios em fundição de precisão, em fixadores industriais e no setor aeroespacial. A proeminência tecnológica da Alcoa está enraizada na sua história, associada diretamente à invenção da produção industrial de alumínio.

29 Além da Alcoa, se destacaram: (i) Sasol Technology Ltd. – empresa sul-africana que tem sua origem atrelada à mineração de carvão e ao desenvolvimento da indústria química baseada nesse mineral fóssil. Atualmente, é uma companhia diversificada, com forte atuação na indústria química e de energia; (ii) Norsk Hydro ASA – uma das maiores produtoras de alumínio, que opera de forma integrada, com sede na Noruega. Possui atividades nos setores de energia renovável e de fertilizantes; (iii) BHP Billiton: maior empresa de mineração do mundo e a terceira maior companhia listada em bolsa. Sediada na Austrália, realiza uma ampla variedade de operações em mineração e processamento, e seu principal escritório de administração está localizado no Reino Unido; (iv) Freeport-McMoRan Corporation – sediada nos Estados Unidos, é uma das principais produtoras de cobre a baixo custo e de ouro do mundo; (v) Vale S/A – multinacional brasileira com operações em metal e mineração. Além de ser a segunda maior companhia mineradora do mundo, é a maior produtora mundial de minério de ferro e *pellets* e a segunda de níquel; (vi) Xstrata Technology Pty Ltd. – mineradora anglo-suíça de atuação global, um dos principais produtores de carvão, cobre, níquel, vanádio, zinco e ferrocromo; (vii) Barrick Gold Corporation – com sede no Canadá, é a maior produtora mundial de ouro; (viii) Suncor, Inc. – empresa canadense especializada na produção de petróleo sintético a partir de areias betuminosas. Suas operações de mineração de betume estão localizadas em Fort McMurray, na província de Alberta, e (ix) Rio Tinto – multinacional anglo-australiana que figura entre as principais produtoras mundiais de alumínio, minério de ferro, cobre, urânio, diamante e carvão. Embora seu principal negócio seja relacionado à mineração, também possui atividades de refinamento de bauxita e de minério de ferro.

Gráfico 13 – Principais depositantes de patentes do recorte Empresas Mineradoras



* Inclui patentes da Inco.³⁰

Fonte: elaboração própria a partir de dados do USPTO, 2005-2011.

Em 1886, Charles Martin Hall descobriu o processo de fundição de alumínio ao perceber que, fazendo passar uma corrente elétrica através de um banho de criolite e óxido de alumínio, o metal – até então semirraro – remanesce como subproduto. A descoberta de Hall prometia tornar a produção de alumínio economicamente viável pela primeira vez na história. Até hoje, o chamado processo Hall-Héroult é o único utilizado para produzir o metal em todo o mundo. Antes dessa descoberta, era tão caro extrair alumínio que havia poucos casos de seu uso prático. Em 1888, com a ajuda de Alfred E. Hunt, Hall fundou a Pittsburgh Reduction Company, com uma planta de fundição experimental localizada em Pittsburgh, no estado norte-americano da Pensilvânia.

Desde o início, a empresa investiu no processo de integração vertical, uma estratégia para se tornar competitiva mesmo após o vencimento das patentes de Hall, quando perderia o monopólio legal do processo. Em meados da década de 1890, começou a adquirir as próprias minas de bauxita e instalações de geração de energia. O processo de Hall permitiu que a empresa minasse todos os seus concorrentes, vendendo alumínio a um preço menor. Por volta de 1903, enquanto suas patentes estavam em vigor, a companhia era o único fornecedor legal de alumínio dos EUA. Em 1907,

30 Ver nota 24 do capítulo 2.

a empresa passou a se chamar Aluminum Company of America. A sigla Alcoa, cunhada em 1910, foi adotada como nome oficial em 1999.

Nas patentes depositadas pela Alcoa, há presença marcante de classes relacionadas à produção de alumínio, como a 148 (tratamento de metais – 17 patentes), a 420 (ligas e composições metálicas – 12 patentes), a 205 (eletrólise – 9 patentes), a 164 (fundição de metal – 9 patentes) e a 075 (processos metalúrgicos especializados – 9 patentes).

A classe 420 inclui 13 patentes relacionadas a aplicações desenvolvidas para a indústria aeroespacial.³¹ Os elementos mais empregados nas ligas de alumínio são cobre, magnésio, manganês, silicone e zinco. As ligas compostas principalmente por alumínio e manganês – dois dos metais mais leves – têm sido muito importantes para a indústria aeroespacial desde, pelo menos, a década de 1940. São mais leves e menos inflamáveis do que as que contêm elevado percentual de manganês, dois atributos fundamentais para o emprego pela indústria aeroespacial.

Quase todas as ligas de alumínio empregadas na indústria aeroespacial foram desenvolvidas pela Alcoa, e os principais programas de desenvolvimento de novas aeronaves incorporam inovações produzidas pela empresa. A Alcoa criou, por exemplo, as maiores peças forjadas do universo aeroespacial para reduzir o peso e o custo do caça F-35 Joint Strike. O superjumbo A380 da Airbus tem os maiores painéis de fuselagem e de asa já produzidos, e o Boeing 787 utiliza a primeira aplicação de chapas grandes de alumínio-lítio em um avião comercial.³²

Exemplos como esse ajudam a demonstrar que os recursos naturais não são uma mera dádiva da natureza. A promoção de novos usos e aplicações para os minerais envolvem intensos esforços em ciência e tecnologia, capazes de dinamizar não apenas a cadeia produtiva da mineração, mas diversas

31 Patentes com a palavra *aerospace* no título.

32 Outros exemplos recentes de desenvolvimentos realizados pela Alcoa incluem: (i) liga de placa de alta tenacidade para aplicações aeroespaciais (patente 6576071), dirigida à composição altamente controlada de ligas com elevado grau de pureza de alumínio, magnésio e cobre, que aumentam a resistência a fraturas por tensão plana e por estresse do avião, à fadiga e ao crescimento de trincas por fadiga; (ii) ligas com melhorias na tolerância a danos para aplicações aeroespaciais (7547366), adequadas para utilização em produtos forjados ou fundidos, incluindo os utilizados em aplicações aeroespaciais, em especial nos membros estruturais de folha ou placa, extrusões e peças forjadas, fornecendo uma combinação melhorada de força e tolerância a danos, e (iii) liga de alumínio, silício, magnésio, zinco e cobre para fundição automotiva e aeroespacial (2010047113), cuja composição inovadora proporciona a melhoria das propriedades mecânicas em comparação com ligas preparadas de forma similar à temperatura ambiente ou elevada. Essa invenção também inclui uma peça fundida formada a partir da composição e um método de formação de forma fundida a partir dessa composição.

cadeias produtivas das indústrias usuárias e fornecedoras o setor. Nunca é demais reforçar que o mais importante é *como* se produz, e não *o quê*.



Como tem sido visto, há uma tendência em compreender os recursos naturais em termos de um ativo único, em vez de levar em consideração todo o complexo de substâncias, forças, condições, relações, instituições e políticas que ajudam a explicar como esse ativo pode funcionar como recurso. Os recursos são tão dinâmicos quanto a sociedade, resultado de um processo intensivo em conhecimento que pode impulsionar o progresso técnico.

Esse processo não apenas cria recursos, mas aumenta as reservas de minério de alguns países, a despeito da elevação de sua taxa de exploração. A aplicação da biotecnologia moderna na indústria de mineração, por exemplo, pode tornar reservas de minério de baixa concentração economicamente viáveis em um futuro não muito distante.

Empresas como a norte-americana Caterpillar e a alemã BASF investem um grande volume de recursos financeiros em atividades de pesquisa e desenvolvimento que as permitem colocar no mercado máquinas, equipamentos e sistemas avançados, que tornam a indústria de mineração mais produtiva e eficiente. Companhias como essas, muitas vezes, fornecem soluções para outros setores, já que o corpo tecnológico central de seus produtos pode ter aplicações diversas. A microeletrônica e o elevado conteúdo de *software* embarcado nessas máquinas e equipamentos, por exemplo, encontram usos na indústria aeroespacial, automotiva, de telecomunicação e de informação. Os avanços da nanotecnologia aumentam o leque de possibilidades de emprego do aço, do alumínio e de outras composições metálicas.

O aumento de demanda dos recursos minerais não depende apenas do crescimento das indústrias usuárias, como a construção civil e automobilística, mas também da criação de novos mercados, por meio do desenvolvimento de materiais com preço e desempenho mais competitivos, e de novos usos para os produtos existentes. É preciso levar em consideração os avanços tecnológicos que permitam aos produtos de origem mineral ganhar espaço frente a concorrentes como o vidro, o plástico e a madeira, que também se beneficiam das inovações de outras indústrias. Os plásticos produzidos a partir de novas rotas biotecnológicas são apenas um exemplo dessas interações.

Como visto nos capítulos 1, 2 e 5, existe uma forte relação entre a atividade mineradora e os países que mais produziram inovação nas últimas quatro décadas. Nos Estados Unidos, a geração incessante de conhecimento permitiu o aumento do volume de recursos ao longo dos anos. Isso não significa que as reservas minerais são inesgotáveis, mas fica claro que os desenvolvimentos científicos e tecnológicos têm adiado o momento da escassez.

A Austrália e o Canadá, grandes exportadores de minérios no cenário atual, também ocupam posição de destaque na produção de inovações para o setor mineral. As empresas desses países têm atendido às demandas tecnológicas da indústria de mineração em seus mercados locais e vêm se expandindo no mercado internacional. Países como a Suécia e a Finlândia, onde a mineração já perdeu importância, geram tecnologias relacionadas ao setor porque conseguiram se diversificar lateralmente, desenvolvendo indústrias fornecedoras de reputação internacional, conquistando o mercado externo e se mantendo em posição de liderança mesmo após redução de seus mercados domésticos.

No entanto, é notável a ausência na análise de nações que possuem indústria de mineração competitiva, como a África do Sul, o Brasil e o Chile.³³ O salto da mineração para outras atividades industriais correlatas é um processo complexo, que demanda uma forte infraestrutura de produção e disseminação de conhecimento. Experiências como a dos Estados Unidos, do Canadá, da Austrália e dos países nórdicos tiveram um cenário rico em aprendizado, pesquisa e inovação, que serviu de pano de fundo para o desenvolvimento impulsionado pela aplicação de novos recursos aos recursos naturais.

O encadeamento da demanda da indústria de mineração local com um tecido industrial inovador é uma característica das histórias bem-sucedidas de desenvolvimento econômico baseado em recursos minerais. Diversificar as atividades econômicas de um país a partir das demandas de um setor primário é fundamental, mas isso não significa ser necessário fugir das atividades primárias para as indústrias consideradas avançadas tecnologicamente.³⁴ Necessário é construir um círculo virtuoso que resulte em um setor primário intensivo em conhecimento e mais competitivo, eficiente e responsável do ponto de vista ambiental. Assim, a mineração pode se unir a atores de diferentes setores para difundir o conhecimento em outras atividades econômicas, impulsionando o desenvolvimento da nação como um todo.

33 Ver seção *Comércio internacional de máquinas e equipamentos para mineração*, do cap. 2.

34 Ver cap. 9, *Atividades primárias e minerais em perspectiva histórica*.



7 IMPACTOS SETORIAIS NAS
EXPORTAÇÕES E NOS INVESTIMENTOS:
APLICAÇÃO DA MATRIZ INSUMO-
-PRODUTO E ANÁLISE DE IMPACTO
DAS ATIVIDADES ECONÔMICAS
VINCULADAS À MINERAÇÃO



Cada atividade econômica possui sua própria dinâmica e suas formas particulares de relacionamento com as demais. Uma são mais intensivas em trabalho e produzem efeitos dinâmicos, preponderantemente, por meio dos encadeamentos entre salários, consumo e produção. Outras atividades consomem matérias-primas, insumos, peças e componentes, alimentando, com essa demanda, outros setores e o dinamismo do conjunto do sistema econômico. Outras, ainda, são mais intensivas em capital fixo, e seus efeitos acabam por se concentrar nos períodos em que os investimentos são realizados. Em fases de expansão acelerada, é possível que esses investimentos se desdobrem em estímulos encadeados, que se alimentem de forma sucessiva.

Os dois primeiros efeitos (encadeamentos por meio de salários, das indústrias trabalho-intensivas, e por meio de compras de insumos e equivalentes) estão relacionados com efeitos que costumam ser designados pelo termo *multiplicador*: qualquer aumento de gasto corrente produz efeitos multiplicados, difundindo os efeitos iniciais em impactos de segunda, terceira, enésima ordens. Mesmo que, a cada rodada, o impulso inicial vá sendo reduzido, a soma dos efeitos induzidos possui uma magnitude multiplicada e um grau de difusão mais amplo.

O terceiro efeito, ao contrário dos dois primeiros, tende a ocorrer antes de iniciada a produção, pois é necessário investir, constituir capacidades de produção, para poder produzir. Nesse tipo de atividade, é preciso investir mais do que uma unidade (às vezes várias), para produzir uma unidade monetária adicional, pelo menos nos setores intensivos em capital. Esse efeito, menos conhecido, é denominado *acelerador* e é especialmente importante para indústrias intensivas em capital (poupadoras de insumos diretos ou

de emprego na produção), como as indústrias de hidroeletricidade e de mineração e os serviços de transporte urbano subterrâneo.

Nesses casos, os principais custos são de natureza fixa, realizados antes de a produção começar. Além disso, há atividades, como a mineração, nas quais uma parcela importante dos custos fixos é irre recuperável¹. São esses investimentos que viabilizam a produção e possuem efeitos dinâmicos sobre o conjunto da economia, mas dependem de parâmetros materiais e institucionais sujeitos a graus de incerteza e de riscos difíceis de eliminar. É claro que essa característica tem consequências diferentes nos setores de custos fixos reduzidos e elevados.

Características produtivas da mineração de ferro

A produção e os investimentos da mineração de ferro têm efeitos dinâmicos na economia, que podem ser analisados a partir da matriz insumo-produto. Propõe-se aqui uma quantificação dos impactos das exportações e dos investimentos por meio das relações intersectoriais de Leontief² para compreender as especificidades dos setores produtivos. O modelo permite medir os efeitos dinâmicos que o setor de mineração produz na economia. Embora a metodologia permita diversos desdobramentos, o objetivo é dimensionar os impactos de duas dimensões básicas: exportações e investimentos.

Ao longo da evolução do sistema econômico, é comum que o progresso técnico se materialize em equipamentos que substituem trabalho, processo que os economistas denominam *intensidade de capital* e pode ser medido pelas relações capital-produto ou capital-produção. Esses indicadores expressam as necessidades de capital (ou de investimento) para cada unidade

- 1 Custos irre recuperáveis são aqueles que, uma vez realizados, não podem ser recuperados por meio da venda ou da transferência dos ativos em questão para outras atividades. Em muitos casos, a irreversibilidade dos investimentos está associada a especificidades do empreendimento, da firma ou mesmo do setor em questão. Na mineração, esses custos são relacionados aos investimentos na identificação e na extração dos minérios, incluindo a infraestrutura necessária para extração, estoque, transporte e, em alguns casos, processamento da matéria-prima obtida, bem como de seus resíduos e subprodutos. Além disso, envolvem investimentos substanciais na aquisição de informação sobre as características da localidade, no recrutamento, na seleção, na contratação e no treinamento de trabalhadores que nem sempre podem ser aproveitados em outros empreendimentos.
- 2 Ver seção *Metodologia para o cálculo da matriz de impactos intersectoriais*, na página 203.

de produção (ou de aumento da produção). Existem setores onde a intensidade de capital é baixa, e as necessidades de trabalho são elevadas. Os exemplos evidentes são as indústrias de vestuário e de calçados, cujos processos usam equipamentos modernos, mas ainda dependem de grandes contingentes de trabalhadores, que realizam operações manuais. O caso oposto é a produção de energia elétrica (por exemplo numa usina de hidroeletricidade), que praticamente tem apenas custos fixos e onde os custos variáveis (incluindo o trabalho) tendem a ser entre muito reduzidos e irrelevantes. Ampliando o âmbito do argumento para todas as atividades econômicas, o setor de serviços possui, geralmente, custos fixos mais reduzidos e custos variáveis que representam elevadas proporções dos custos totais; o inverso ocorre com atividades primárias como a extração de petróleo e a mineração de grande escala.³

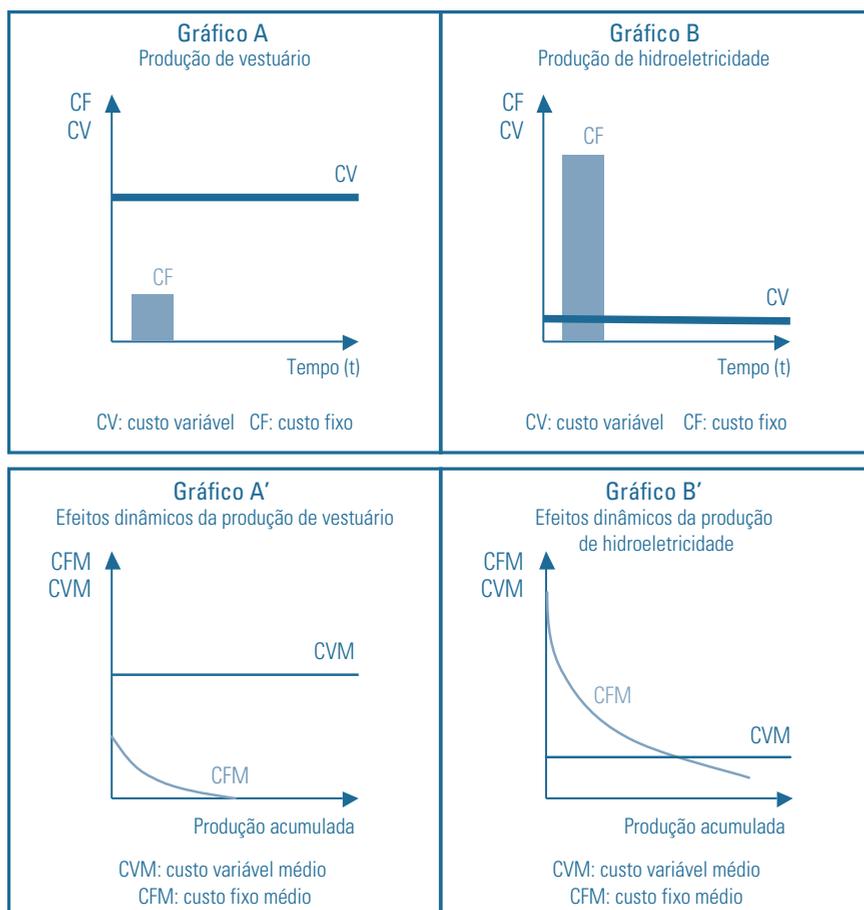
Os dois arquétipos de atividades possuem efeitos muito diferentes no sistema econômico. Os setores com baixa intensidade de capital utilizam um elevado volume de trabalho para produzir. O pagamento de salários, em condições normais, se transforma no consumo de diferentes tipos de produtos e serviços, que irriga a economia de forma direta e indireta. Essas atividades também irrigam a economia com compras regulares de insumos. Por outro lado, os efeitos dinâmicos sobre a economia dos setores intensivos em capital são produzidos, sobretudo, antes do início da sua operação, quando são comprados equipamentos e máquinas, construídas edificações e implantadas infraestruturas.

O setor de mineração se caracteriza pela necessidade de elevados investimentos para a realização das bases produtivas de extração mineral, que são amortizados ao longo do ciclo produtivo. Essa atividade gera efeitos dinamizadores modestos, uma vez que, por ser intensiva em capital, contrata pouca mão de obra, que representa uma parcela reduzida dos investimentos realizados. Ao mesmo tempo, tem uma baixa demanda de insumos e ciclos produtivos longos, assim como os setores de geração de energia elétrica e de extração de petróleo.

3 Seria possível pensar em políticas macroeconômicas anticíclicas a partir dessa diferenciação: uma recuperação alicerçada pelos investimentos de setores com elevada intensidade de capital progressivamente difundida para os setores com elevado efeito multiplicador por meio do efeito acelerador. Essa possibilidade dependeria de o ciclo da economia em questão não coincidir com o da economia mundial (ou dos seus principais parceiros comerciais) ou que houvesse uma elevada capacidade autônoma de investimento.

A figura 1 apresenta os ciclos de investimento e de produção de dois setores típicos: a indústria de vestuário (de baixa intensidade de capital frente aos requisitos de matéria-prima e de mão de obra) e a produção de hidroeletricidade (de alta intensidade de capital).

Figura 1 – Representação dos ciclos de investimento e produção dos setores de vestuário e de hidroeletricidade



Fonte: elaboração própria.

O gráfico A representa os custos fixos e variáveis da produção de vestuário, e o gráfico A' mostra o comportamento dos custos fixos em termos médios, ou seja, em relação à produção acumulada. Esse indicador revela

o comportamento dinâmico dos custos fixos e variáveis ao longo do processo produtivo. Na produção de vestuário, os baixos requisitos de capital fixo em relação à necessidade de insumos variáveis promovem a diluição dos custos fixos em proporções relativamente modestas em cada período de tempo. Essa atividade depende menos de economias de escala do que a hidroeletricidade, representada pelos gráficos B e B'. Nesse caso, os ganhos de escala são essenciais para amortizar os custos fixos, em virtude do elevado volume de investimentos iniciais que a operacionalização da produção demanda.

Os setores do tipo A são mais comuns nas atividades de serviços e na indústria, como a produção de alimentos e bebidas ou calçados. Setores como o de veículos e de autopeças estão numa posição intermediária entre os dois modos de produção. A indústria eletrônica, por exemplo, assemelha-se ao tipo A na montagem de equipamentos e ao tipo B na fabricação de componentes básicos (*chips*).

Metodologia para o cálculo da matriz de impactos intersetoriais

O modelo de insumo-produto é um instrumento que permite medir tanto a interdependência entre os setores de atividade econômica na produção doméstica (dada a tecnologia existente em um determinado momento) quanto os impactos de uma atividade sobre as demais. Construído a partir de princípios da contabilidade nacional, mensura os processos de criação e de consumo de riquezas pela sociedade, partindo da hipótese de que existem relações estruturais (de caráter duradouro, portanto) entre as atividades econômicas nos planos técnico e social. Exemplos dessas relações no plano técnico são o consumo de aço na produção de automóveis e o de produtos agrícolas na fabricação de alimentos. No plano social, pode-se apontar a distribuição de renda (salários, impostos, lucros) e a relação entre o consumo e a renda das famílias.

Tomando essas relações como base, foi desenvolvido um sistema de equações lineares não homogêneo que representa o sistema produtivo de uma economia. O modelo foi criado pelo economista russo Wassily Leontief, em

1936, a partir dos trabalhos dos franceses François Quesnay e Léon Walras. Leontief instrumentalizou e sintetizou os desenvolvimentos desses seus antecessores, utilizando álgebra linear para permitir que o modelo insumo-produto (que ficou conhecido como *matriz de Leontief*) fosse facilmente implementado nos sistemas computacionais.⁴

Na atualidade, o modelo é construído a partir do sistema de contas nacionais por meio de um conjunto de tabelas que retratam as relações econômicas em um determinado momento, em geral o ano fiscal. Esse conjunto, apresentado no quadro 1, representa diferentes etapas na produção, no consumo e na geração de valor.

Quadro 1 – Tabela de transações

Atividade	A1	A2	A3	I	X	VE	CG	CF	f	Produção total			
A1	I (1)			II (2)					fi (4)	gi (5)			
A2													
A3													
Importações (M)	mi (6)												
Valor adicionado (y)													
Salários													
Impostos e subsídios											III (3)		
Excedente													
Produção total											gi		

(1) Produção intermediária.

(2) Demanda final.

(3) Excedentes.

(4) Somatório da demanda final do setor *i*.

(5) Valor da produção final do setor *i*.

(6) Valor das importações do setor *i*.

Fonte: adaptado de Schuschny, 2005, e IBGE, 2008.

4 Guilhoto, 2004.

O quadrante I retrata o fluxo monetário entre os setores. O valor produzido pelo setor indicado na linha é consumido por aquele indicado na coluna. O quadrante II apresenta o valor da produção (g_i) de cada atividade destinado à demanda final, detalhada em cinco categorias básicas: investimento (I), exportações (X), variação de estoques (VE), consumo do governo (CG) e consumo das famílias (CF). A demanda final é representada pelo vetor f_i . No quadrante III, está sistematizado o valor das importações por atividade (m_i) e o valor adicionado por cada atividade (y), compostos por categorias como salários, impostos sobre a produção, contribuições sociais e excedente operacional bruto. Para explicar as identidades contábeis, o quadro 1 será agregado aos componentes básicos do modelo insumo-produto, como mostra o quadro 2.

Quadro 2 – Componentes básicos do modelo insumo-produto

Matriz de oferta total	Matriz de demanda intermediária	Matriz de demanda final
	Matriz de valor agregado	

A matriz de oferta total representa a produção dos bens e serviços disponíveis na economia doméstica. A matriz de demanda final demonstra os usos de bens e serviços produzidos nas economias doméstica e externa. A matriz de valor agregado descreve as formas em que são remunerados os fatores produtivos.

O método insumo-produto permite relacionar essas identidades contábeis mediante uma matriz de transações intersetoriais das atividades desenvolvidas na economia. Nessa matriz, por definição simétrica, são registradas as vendas de uma atividade i para outra atividade j , bem como as compras realizadas pela atividade j de bens e serviços produzidos pela atividade i . Na diagonal da matriz, tem-se as vendas e as compras de insumos dentro da mesma atividade, quer dizer, o consumo intermediário de insumos de um setor pelo mesmo setor.

É possível representar as transações físicas entre os diversos setores por uma matriz P , de $n \times n$ atividades. Pode-se somar as linhas dessa matriz sem que haja incompatibilidade entre as unidades físicas somadas, pois as

linhas refletem as quantidades vendidas por um setor de atividade para os demais e, portanto, as unidades físicas correspondem à mesma escala de medida.⁵ A partir da matriz P , consegue-se derivar a demanda intermediária, utilizando as identidades contábeis para a oferta total e a demanda final, que representam uma relação entre os usos e as fontes de recursos.

A relação de compra e venda de insumos entre os setores da atividade econômica e as relações técnicas de produção permitem determinar a quantidade de insumos utilizada pelo setor i para que o setor j possa gerar uma unidade de produto e pode ser descrita como uma relação entre as vendas de um setor e a produção bruta do setor comprador. A relação entre a quantidade de insumo i utilizada para produzir uma unidade do insumo j fornece a participação relativa de cada item de despesa com consumo intermediário do setor j no valor total da produção desse setor. Esses coeficientes dão origem à matriz A e, como são constantes, o método insumo-produto pressupõe uma relativa estabilidade técnica na produção (pelo menos no período entre a coleta das informações e o seu emprego) e, conseqüentemente, que os retornos de escala são constantes durante o período estudado.

Dado que não se pretende realizar uma análise da dinâmica, pressupor que esses coeficientes são constantes no momento da análise do impacto não leva a nenhum erro metodológico quando se considera um intervalo de tempo no qual a tecnologia não muda de forma significativa. O estoque de capital existente confere às estruturas econômicas uma certa inércia de funcionamento, sendo necessários muitos investimentos em novas tecnologias ou muitos anos de mudanças sucessivas para fragilizar a hipótese de estabilidade das relações e as equações construídas a partir dela. Evidentemente, em setores de mudança técnica acelerada e com taxas de investimento muito elevadas, essa hipótese não seria realista, mas ela é perfeitamente aceitável para quase todos os setores em quase todos os períodos.

Tais coeficientes técnicos são utilizados, basicamente, para conhecer as relações diretas entre os setores, tornando possível prever o impacto do aumento do valor bruto da produção sobre a demanda de insumos de um determinado setor, os efeitos diretos do aumento da demanda final sobre a produção de cada setor da atividade econômica e determinar os níveis de produção necessários à satisfação de metas econômicas, permitindo o planejamento

5 *Idem, ibidem.*

da oferta mediante um cenário de crescimento econômico. A matriz A , no entanto, nada informa sobre os efeitos indiretos dos aumentos na produção de uma atividade sobre todas as demais. A partir dela, chega-se a um sistema linear de equações não homogêneo, pois é diferente de zero, que necessita de uma matriz singular para ser resolvido, condição para que a sua inversa exista.

Essa matriz inversa é conhecida como matriz de Leontief de relações intersetoriais. Para simplificar, ela será chamada de matriz B e descreve as interligações produtivas do sistema econômico com n setores de atividade. Ela mostra o quanto cada setor necessita de recursos produzidos pelos demais setores para obter uma unidade de produto destinada à demanda final. Ou seja: leva em consideração todas as demandas indiretas que os setores realizam entre si para produzir essa unidade. Pode-se dizer que, se houver um aumento da demanda por produtos do setor j , por exemplo, o impacto inicial corresponderá ao aumento da produção desse setor. Mas, para aumentar sua produção, o setor j demandará insumos dos demais setores, alterando a produção de todos os setores que lhe fornecem insumos.

Um exemplo desse encadeamento pode ser visualizado com a produção de automóveis. Por meio da matriz de coeficientes técnicos diretos (matriz A), é possível identificar o volume de pneus, de autopeças e de aço necessário para a produção automobilística. No entanto, os impactos não se esgotam nas demandas de insumos diretamente associados a essa atividade. Há muitos insumos que são consumidos de forma indireta por essa indústria e que precisam ser produzidos, como carvão mineral e minério de ferro para o aço, borracha para os pneus, petróleo para plásticos... Dessa forma, ainda que o setor automobilístico não esteja associado de maneira direta ao setor de mineração, se vincula a ele por meio do consumo indireto de outros insumos. É a intensidade dessas relações diretas e indiretas que a matriz de Leontief expressa.

Em razão desses encadeamentos entre os setores da economia, um aumento na demanda por um determinado produto exerce impactos em outros setores, produzindo um efeito multiplicador. O crescimento na demanda por minério de ferro, por exemplo, não eleva apenas a produção de minério de ferro e dos insumos diretamente envolvidos na sua produção, como refino de petróleo, coque e eletricidade, mas também a produção dos setores indiretamente relacionados a essa atividade, conforme mostra a tabela 1, na página seguinte.

Tabela 1 – Comparação entre os coeficientes técnicos diretos (matriz A) e os coeficientes de impactos intersetoriais (matriz B) do setor de minério de ferro

Atividade	Matriz A (R\$)	Matriz B (R\$)
Agricultura, silvicultura e exploração florestal	0,0000914	0,0062926
Pecuária e pesca	0,0000007	0,0027816
Petróleo e gás natural	0,0000124	0,0437076
Minério de ferro	0,0874882	1,0973954
Outros da indústria extrativa	0,0198005	0,0246292
Alimentos e bebidas	0,0005060	0,0137514
Produtos do fumo	0,0000011	0,0000024
Têxteis	0,0000166	0,0024217
Artigos de vestuário e acessórios	0,0000161	0,0009204
Artefatos de couro e calçados	0,0003849	0,0006176
Produtos de madeira (excluindo móveis)	0,0000080	0,0007541
Celulose e produtos de papel	0,0046175	0,0108393
Jornais, revistas e discos	0,0079011	0,0148920
Refino de petróleo e coque	0,0507608	0,0958226
Álcool	0,0000041	0,0033155
Produtos químicos	0,0060296	0,0167176
Fabricação de resina e elastômeros	0,0000336	0,0045787
Produtos farmacêuticos	0,0000310	0,0002728
Defensivos agrícolas	0,0000432	0,0009694
Perfumaria, higiene e limpeza	0,0003723	0,0013312
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	0,0000165	0,0009130
Produtos e preparados químicos diversos	0,0002374	0,0026762
Artigos de borracha e plástico	0,0032638	0,0131329
Cimento	0,0000289	0,0004550

Fonte: IBGE (Coordenação de Contas Nacionais), 2005.

Nas linhas da tabela 1 estão relacionados apenas alguns dos 55 setores que compõem a atividade econômica brasileira, segundo a classificação do IBGE. Na segunda coluna, observa-se que, para a produção de R\$ 1,00 no setor minério de ferro, é necessário o consumo de R\$ 0,051 do setor refino de petróleo e coque.

Os valores apresentados na terceira coluna mostram que cada R\$ 1,00 de demanda final por minério de ferro estimula a produção dos setores direta e indiretamente associados à sua produção. O setor de petróleo e gás natural, por exemplo, não é muito demandado diretamente pela mineração de ferro (coeficiente técnico direto próximo de zero, na matriz A). Mas, de forma indireta, a produção do setor de petróleo e gás natural será estimulada em R\$ 0,044 se houver uma demanda final adicional de R\$ 1,00 no setor de minério de ferro (matriz B). Essa demanda adicional corresponde à demanda final da economia, composta pelo consumo das famílias, pelo consumo do governo, pela formação bruta de capital fixo e pela exportação.

O coeficiente extraído da matriz B mostra que, para atender à demanda final de R\$1,00 em minério de ferro, o setor de mineração acaba gerando uma produção R\$ 1,097. Desse valor, R\$ 1,00 é resultado da demanda direta, e R\$ 0,097, das demandas derivadas da demanda inicial. Isto ocorre porque, para gerar a produção adicional, o setor necessita, por exemplo, consumir equipamentos e ferramentas, que dependem de aço para ser produzidos e, conseqüentemente, de minério de ferro. As demandas derivadas correspondem às demandas dos setores vinculados à atividade de mineração de ferro de forma indireta.

Os coeficientes extraídos da matriz de Leontief também podem ser interpretados como multiplicadores parciais, pois mostram o efeito do aumento na demanda final sobre cada setor. O aumento de R\$ 1,00 na demanda final do setor de minério de ferro, além de gerar a elevação de R\$ 1,097 na produção total, causa um aumento de R\$ 0,044 na produção total do setor de petróleo e gás natural. O resultado desse encadeamento entre os setores da atividade econômica é conhecido como *efeito multiplicador do tipo I*, por ser restrito à demanda por insumos intermediários.

O efeito multiplicador também ocorre nos fatores de produção (como capital, trabalho e terra), mas de uma forma diferente. Um aumento na demanda por mão de obra, por exemplo, eleva o poder aquisitivo das famílias, o que faz crescer a demanda por bens de consumo, incrementando

a produção desses setores que, por sua vez, farão encomendas aos seus fornecedores. Ou seja: o aumento do emprego acaba impactando toda a economia, de maneira direta – elevando a produção do setor de bens de consumo – e indireta – estimulando a produção dos fornecedores. Esse efeito multiplicador induzido pelo aumento da demanda por fatores de produção é chamado *efeito multiplicador do tipo II*.⁶

Na teoria, as matrizes A e B são expressas em termos de relações físicas entre os insumos e os produtos, e os seus elementos representam coeficientes técnicos. Na prática, essas matrizes são construídas a partir de fluxos que são medidos em termos monetários e, portanto, a dedução de coeficientes técnicos de produção a partir desses fluxos pode apresentar uma aparente inconsistência.⁷

A partir da matriz de Leontief, é possível determinar, por exemplo, os setores com maior poder de encadeamento na economia. Para tanto, são calculados índices de ligações a montante e a jusante, conhecidos como *índices de Hirschman e Rasmussen* (IHR). O índice de ligação a montante mostra o quanto os setores, representados nas colunas da matriz B, demandam dos demais setores e, portanto, reflete o grau de interligação do setor com a matriz produtiva da economia. Um IHR maior do que uma unidade indica que o setor gera respostas acima da média em outros setores.

O índice de ligação a jusante determina quanto os outros setores da economia demandam de um determinado setor representado nas linhas da matriz B. Esse índice revela os efeitos causados pelo aumento da produção de todos os setores da economia no *setor-linha*. Nesse caso, um IHR maior do que uma unidade indica que o setor em questão depende mais da produção dos outros setores do que a média.⁸ Em termos analíticos, o IHR mostra a relação entre a média dos coeficientes da matriz inversa de Leontief, medindo o peso médio da demanda intermediária do setor e o

6 *Idem, ibidem.*

7 Em um primeiro momento, seria impossível estimar as matrizes A e B a partir de relações físicas, dada a incompatibilidade entre as unidades de medida das quantidades produzidas e consumidas por todos os setores da economia. A estimação das matrizes A e B a partir de fluxos monetários também impossibilita a alteração dos valores dos coeficientes técnicos, em função de mudanças nos preços relativos dos produtos. Para contornar esses problemas, assume-se que, no período analisado, os preços relativos não mudam e são iguais a uma unidade. As relações obtidas a partir de valores monetários também representam, portanto, relações físicas.

8 Martins *et al.*, 2003, Guilhoto, *op. cit.*

peso médio da demanda intermediária da economia. A média das compras do setor representa as relações a montante, e a média das vendas, as relações a jusante. Esses índices revelam a importância relativa de um setor nos diferentes momentos do fluxo econômico. Quando consideradas as ligações a montante, o IHR destaca o impacto da produção de um determinado setor sobre os demais. Ao levar em conta as ligações a jusante, demonstra-se a sensibilidade do setor em análise em relação ao aumento da produção de todos os setores da economia.

No Brasil, as matrizes que compõem o sistema de insumo-produto são divulgadas pelo IBGE na forma de duas tabelas: de recursos e de usos de bens e serviços, que servem de base para a construção das matrizes de coeficientes técnicos (A) e de Leontief (B). Os dados mais recentes, utilizados nesta análise, são de 2005,⁹ que permanecem válidos para os argumentos desenvolvidos. Para representar a economia nesse momento, foi suposto um impacto de uma unidade de demanda final em cada setor. Dessa forma, o somatório da coluna da matriz B permite calcular os efeitos multiplicadores de cada setor.

Além de considerar os efeitos diretos da produção (que correspondem às decisões de produção transformadas de fato em vendas finais), o modelo levou em conta os efeitos associados. Ao produzir, um setor paga salários que as famílias transformam em decisões e aquisições de produtos de consumo. O modelo tradicional de insumo-produto considera o consumo uma variável exógena e não leva em conta a estrutura da distribuição funcional da renda, isto é, a distribuição entre salários e excedentes. A uma determinada estrutura produtiva predominante no país está associada uma estrutura de distribuição de renda, e a forma como a renda é distribuída entre salários e excedentes afeta a atividade produtiva da economia.¹⁰

Para que a matriz B expresse o efeito induzido da demanda de consumo final (somatório da demanda de consumo e da demanda de investimento), é necessário considerar o consumo como uma variável endógena. Uma vez que a estrutura do consumo depende da forma como a renda é distribuída entre salários e excedentes, a estrutura da distribuição

9 A metodologia para a construção das matrizes A e B a partir das tabelas de usos e recursos é descrita em IBGE, 2008.

10 Guilhoto, *op. cit.*

funcional da renda também é incluída na matriz.¹¹ Em linhas gerais, para que a demanda de consumo seja tratada como uma variável endógena, o setor de consumo é transferido para o grupo de setores de processamento da produção, sendo considerado uma indústria que produz mão de obra e cujos insumos são os bens de consumo. Ao tratar o consumo final como um setor endógeno, a nova matriz de Leontief informa a demanda de consumo final por setor da atividade econômica. Dessa forma, pode-se calcular os efeitos totais da demanda final sobre o produto, por meio das atividades de consumo induzidas e das atividades de compra e venda interindustriais.

Análise dos resultados: exportações

Na tabela 2, nas páginas 214 e 215, são apresentados os multiplicadores setoriais (ou o somatório das colunas da matriz de Leontief induzida) e o IHR. Para cada indicador, é adicionada uma coluna que mostra o *ranking* dos setores de acordo com o valor de cada índice, de forma que o número 1 represente o maior valor do indicador. Os multiplicadores da produção, também conhecidos como *multiplicadores setoriais*, determinam o impacto de variações na demanda final sobre a produção total e são extraídos da matriz de Leontief. Esses multiplicadores são obtidos pelo somatório das colunas da matriz B e têm o objetivo de quantificar o impacto causado pelo aumento de uma unidade na demanda final de determinado setor sobre o valor da produção total da economia. O valor do multiplicador da produção representa o valor total de produção da economia acionado para atender à variação de uma unidade na demanda final do setor em análise.

Um aumento de R\$ 1,00 na demanda final no setor de minério de ferro eleva em R\$ 2,82 o valor da produção total da economia brasileira, incluindo a produção de minério de ferro e de todos os setores que produzem direta e indiretamente para viabilizar o aumento da demanda final no setor de mineração, mas excluindo os investimentos em nova capacidade produtiva.

O efeito multiplicador é causado pela combinação de três efeitos: (i) efeito direto, devido ao próprio aumento da demanda na produção daquela

11 Os detalhes metodológicos desse processo estão descritos em Cavalcanti, 1997 e 2001.

atividade; (ii) efeito indireto, em virtude da interdependência entre as atividades econômicas, e (iii) efeito induzido, pois o consumo é tratado como um elemento endógeno ao sistema. Diferentemente dos multiplicadores setoriais, os IHR mostram os setores-chave para a economia, em virtude do grau de encadeamento que possuem com os demais setores a montante e a jusante. As linhas em destaque na tabela 2 mostram esses setores-chave. O setor de comércio, por exemplo, possui um dos maiores IHR a jusante (2,28), pois sua produção depende muito da produção dos demais setores da economia. O mesmo ocorre com o setor de eletricidade, gás, água, esgoto e limpeza urbana.

Por outro lado, o setor de automóveis, camionetas e utilitários possui um dos maiores IHR a montante (1,17), mas um baixo IHR a jusante (0,41). As variações da produção do setor de automóveis, que demanda muito dos demais, geram um forte impacto sobre o resto da economia, justificando o elevado IHR a montante. Efeitos semelhantes, ainda que em proporções menores, podem ser sentidos no setor de minério de ferro: o IHR a montante (1,02) é superior ao índice a jusante (0,53), indicando que um aumento na produção do setor estimula a economia.¹² Mas o inverso não ocorre com a mesma intensidade: se os outros setores econômicos incrementarem sua produção, o impacto sobre a produção de minério de ferro não será tão grande.

O elevado IHR a montante do setor de minério de ferro pode ser explicado pela dependência dessa atividade em relação ao setor de refino de petróleo e coque, entre outros fatores. Na segunda coluna da tabela 1, na página 208, é possível observar que o setor de minério de ferro consome diretamente 0,051 unidade da atividade de refino de petróleo e coque para gerar uma unidade do seu produto. Esse é um dos setores que mais fornecem insumos para a produção de minério de ferro, ocupando o terceiro lugar em ordem de importância. Dessa forma, quando a mineração de ferro produz, estimula a produção do setor de refino de petróleo e coque que, por sua vez, estimula a produção de uma série de outras atividades por meio de suas compras intermediárias. Tais encadeamentos explicam os impactos diretos e indiretos causados pelo consumo intermediário do setor de minério de ferro.

¹² Ver nota 3 do cap. 4.

Tabela 2 – Coeficientes de impacto direto e indireto, IHR a jusante e IHR a montante

Atividades	Multiplicadores de produção	IHR a montante	Ord ⁽¹⁾	IHR a jusante	Ord
Agricultura, silvicultura e exploração florestal	2,58	0,93	44	1,48	11
Pecuária e pesca	2,71	0,98	36	0,79	24
Petróleo e gás natural	2,63	0,95	40	1,33	15
Minério de ferro	2,82	1,02	26	0,53	39
Outros da indústria extrativa	2,66	0,96	39	0,58	34
Alimentos e bebidas	3,25	1,17	4	1,93	7
Produtos do fumo	3,43	1,24	1	0,42	50
Têxteis	2,85	1,03	22	0,79	23
Artigos de vestuário e acessórios	2,77	1,00	31	0,40	53
Artefatos de couro e calçados	3,26	1,18	3	0,51	42
Produtos de madeira (excluindo móveis)	2,90	1,05	19	0,61	32
Celulose e produtos de papel	3,21	1,16	6	0,91	21
Jornais, revistas e discos	2,31	0,84	48	0,73	26
Refino de petróleo e coque	3,21	1,16	7	2,04	6
Álcool	2,60	0,94	43	0,52	40
Produtos químicos	2,79	1,01	28	1,74	8
Fabricação de resina e elastômeros	3,37	1,22	2	1,03	19
Produtos farmacêuticos	2,24	0,81	50	0,58	35
Defensivos agrícolas	3,02	1,09	15	0,56	36
Perfumaria, higiene e limpeza	2,93	1,06	17	0,44	47
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	2,79	1,01	29	0,45	46
Produtos e preparados químicos diversos	2,85	1,03	23	0,62	30
Artigos de borracha e plástico	3,08	1,11	11	1,13	17
Cimento	3,04	1,10	14	0,61	31
Outros produtos minerais não metálicos	2,78	1,01	30	0,60	33
Fabricação de aço e derivados	2,89	1,04	20	1,38	13
Metalurgia de metais não ferrosos	2,79	1,01	27	0,63	29



Produtos de metal (excluindo máquinas e equipamentos)	2,77	1,00	32	1,07	18
Máquinas e equipamentos (incluindo manutenção e reparos)	2,90	1,05	18	0,70	27
Eletrodomésticos	3,05	1,10	13	0,44	48
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	2,48	0,90	45	0,40	52
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	2,67	0,96	38	0,83	22
Material eletrônico e equipamentos de telecomunicações	2,99	1,08	16	0,54	37
Aparelhos e instrumentos médico-hospitalares, de medida e óticos	1,97	0,71	53	0,52	41
Automóveis, camionetas e utilitários	3,24	1,17	5	0,41	51
Caminhões e ônibus	3,11	1,13	9	0,43	49
Peças e acessórios para veículos automotores	3,19	1,16	8	1,30	16
Outros equipamentos de transporte	3,08	1,11	12	0,54	38
Móveis e produtos das indústrias diversas	2,84	1,03	25	0,48	44
Eletricidade, gás, água, esgoto e limpeza urbana	2,60	0,94	42	2,06	5
Construção	2,72	0,98	35	0,75	25
Comércio	2,18	0,79	51	2,28	4
Transporte, armazenagem e correio	2,74	0,99	34	2,97	2
Serviços de informação	2,71	0,98	37	1,69	9
Intermediação financeira e seguros	2,48	0,90	46	1,48	12
Serviços imobiliários e aluguel	1,80	0,65	55	1,37	14
Serviços de manutenção e reparação	2,02	0,73	52	3,67	1
Serviços de alojamento e alimentação	3,09	1,12	10	0,65	28
Serviços prestados às empresas	2,61	0,95	41	2,87	3
Educação mercantil	2,46	0,89	47	0,46	45
Saúde mercantil	2,84	1,03	24	0,39	55
Outros serviços	2,88	1,04	21	0,92	20
Educação pública	2,26	0,82	49	1,56	10
Saúde pública	2,75	1,00	33	0,39	54
Administração pública e seguridade social	1,85	0,67	54	0,49	43

(1) Os multiplicadores de produção possuem a mesma ordenação do IHR a montante, pois o somatório da coluna, que por definição é o multiplicador, é o denominador da fórmula de cálculo do índice.

Fonte: elaboração própria com base nas Tabelas de Recursos e Usos (TRU) do IBGE, 2005.

A análise dos multiplicadores setoriais é, portanto, complementar à análise do IHR a montante, que visa a determinar a importância relativa do setor em função do impacto causado pelo aumento de sua produção sobre o restante da economia. O multiplicador setorial, por sua vez, é utilizado para verificar o efeito da variação da demanda final sobre a produção total da economia. O setor de automóveis e utilitários, por exemplo, apresenta um dos mais elevados multiplicadores setoriais (3,24). No setor de minério de ferro, esse coeficiente também é alto (2,82), ainda que em proporções menores. Assim sendo, o aumento da produção de minério de ferro, ocasionado por qualquer um dos itens da demanda final (consumo, investimento ou exportações), dinamiza a economia, pois influencia direta e indiretamente todas as atividades produtivas.

A tabela 3, nas páginas 218 e 219, permite comparar o IHR a montante e a jusante com a participação das importações no valor bruto da produção (VBP) de cada setor. Dessa forma, é possível identificar setores cujo potencial dinamizador da atividade produtiva doméstica (compras de bens e serviços produzidos internamente) é restringido pela elevada participação de produtos importados no valor bruto de sua produção.

O setor de produtos farmacêuticos, por exemplo, vital para o Brasil em diversas dimensões, não pode ser apontado como um setor-chave para a economia brasileira quando considerado o grau de encadeamento de sua produção com as demais atividades do sistema produtivo nacional. Seu IHR é baixo tanto a montante (0,81) quanto a jusante (0,58), sendo elevada a participação de suas importações no valor bruto da produção (0,12). Um padrão semelhante é verificado no setor de máquinas para escritório e equipamentos de informática, que atingiu o maior nível de participação de importações no VBP (0,36). O setor de mineração de ferro, pelo contrário, apresenta um elevado IHR a montante (1,02). Um aumento na produção desse setor tem, portanto, impacto positivo sobre a atividade produtiva de outros setores, gerando respostas acima da média. Além disso, seu nível de importações é relativamente baixo em comparação ao seu VBP (0,024).

Como o setor de minério de ferro possui encadeamentos importantes na matriz produtiva brasileira, o dinamismo de suas exportações tem impactos positivos sobre a geração de produto e de renda na economia nacional. Para exemplificar esses impactos foram elaboradas quatro simulações de impacto da duplicação nas exportações de diferentes setores: (S1) minério de ferro;

(S2) têxteis; (S3) alimentos e bebidas, e (S4) material eletrônico e equipamentos de comunicações.

Na tabela 4, nas páginas 220 e 221, são apresentados os impactos das exportações para cada simulação.

A primeira coluna apresenta o valor real das exportações em 2005, último ano para o qual as Contas Nacionais do IBGE produziram a matriz. Quando isso for possível, a atualização dos dados para períodos mais recentes deverá reforçar as conclusões apresentadas, uma vez que os coeficientes de importação dos setores fortemente importadores terão aumentado. A segunda coluna quantifica as necessidades de produção para atender às exportações que de fato ocorreram naquele ano. Essas necessidades são diretas e indiretas, de primeira, segunda e enésima ordens, e estão relacionadas com o total das exportações de todas as atividades.

A produção necessária para atender às exportações totais de produtos brasileiros (coluna 2) é comparada à produção interna necessária para atender aos efeitos diretos e indiretos do aumento das exportações em setores específicos – simulações 1 a 4. É claro que os dados dessa coluna são superiores ao valor das exportações (coluna 1), devido aos impactos diretos e indiretos que o aumento das exportações gera sobre a produção interna, por força dos efeitos multiplicadores da demanda final sobre a produção total. Quando uma atividade exporta, estimula a produção de uma série de outras atividades, dependendo do grau de encadeamento que a atividade em questão possui na matriz produtiva. Setores que não são exportadores diretos (como os de serviços) recebem o impacto das necessidades diretas e indiretas dos setores que exportam, num processo de difusão que termina por envolver, nas sucessivas rodadas, todas as atividades econômicas (ainda que em proporções muito distintas).

Na tabela 5, na página 222, a simulação 1 (S1) mostra o impacto de um aumento de 100% nas exportações de minério de ferro, mantendo constantes as exportações de todos os demais setores. Seguindo a metodologia da matriz insumo-produto, o somatório dos valores da coluna S1 indica a produção total da economia (expressa em milhões de R\$) de 2005, necessária para atender às exportações adicionais de minério de ferro. O aumento das exportações de minério de ferro (S1) aumentaria a produção da economia brasileira em um montante que corresponde a 2,8 vezes o aumento simulado das exportações ou a 15,2% do valor original das exportações de todas as atividades.

Tabela 3 – Participação das importações no VBP, IHR a montante e IHR a jusante

Atividades	Participação das importações no VBP	Ord	IHR a montante	Ord	IHR a jusante	Ord
Agricultura, silvicultura e exploração florestal	0,016	46	0,93	44	1,48	11
Pecuária e pesca	0,010	47	0,98	36	0,79	24
Petróleo e gás natural	0,078	19	0,95	40	1,33	15
Minério de ferro	0,024	40	1,02	26	0,53	39
Outros da indústria extrativa	0,034	35	0,96	39	0,58	34
Alimentos e bebidas	0,026	39	1,17	4	1,93	7
Produtos do fumo	0,017	45	1,24	1	0,42	50
Têxteis	0,062	24	1,03	22	0,79	23
Artigos de vestuário e acessórios	0,039	34	1,00	31	0,40	53
Artefatos de couro e calçados	0,048	28	1,18	3	0,51	42
Produtos de madeira (excluindo móveis)	0,018	44	1,05	19	0,61	32
Celulose e produtos de papel	0,066	22	1,16	6	0,91	21
Jornais, revistas e discos	0,065	23	0,84	48	0,73	26
Refino de petróleo e coque	0,172	5	1,16	7	2,04	6
Álcool	0,008	53	0,94	43	0,52	40
Produtos químicos	0,216	3	1,01	28	1,74	8
Fabricação de resina e elastômeros	0,069	21	1,22	2	1,03	19
Produtos farmacêuticos	0,12	13	0,81	50	0,58	35
Defensivos agrícolas	0,15	11	1,09	15	0,56	36
Perfumaria, higiene e limpeza	0,08	17	1,06	17	0,44	47
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	0,16	7	1,01	29	0,45	46
Produtos e preparados químicos diversos	0,16	8	1,03	23	0,62	30
Artigos de borracha e plástico	0,09	16	1,11	11	1,13	17
Cimento	0,05	25	1,10	14	0,61	31
Outros produtos minerais não metálicos	0,04	29	1,01	30	0,60	33
Fabricação de aço e derivados	0,11	14	1,04	20	1,38	13



Metalurgia de metais não ferrosos	0,16	9	1,01	27	0,63	29
Produtos de metal (excluindo máquinas e equipamentos)	0,04	30	1,00	32	1,07	18
Máquinas e equipamentos (incluindo manutenção e reparos)	0,08	18	1,05	18	0,70	27
Eletrodomésticos	0,07	20	1,10	13	0,44	48
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	0,36	1	0,90	45	0,40	52
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	0,10	15	0,96	38	0,83	22
Material eletrônico e equipamentos de telecomunicações	0,27	2	1,08	16	0,54	37
Aparelhos e instrumentos médico-hospitalares, de medida e óticos	0,14	12	0,71	53	0,52	41
Automóveis, camionetas e utilitários	0,17	6	1,17	5	0,41	51
Caminhões e ônibus	0,20	4	1,13	9	0,43	49
Peças e acessórios para veículos automotores	0,05	26	1,16	8	1,30	16
Outros equipamentos de transporte	0,16	10	1,11	12	0,54	38
Móveis e produtos das indústrias diversas	0,05	27	1,03	25	0,48	44
Eletricidade, gás, água, esgoto e limpeza urbana	0,04	31	0,94	42	2,06	5
Construção	0,03	36	0,98	35	0,75	25
Comércio	0,01	48	0,79	51	2,28	4
Transporte, armazenagem e correio	0,01	49	0,99	34	2,97	2
Serviços de informação	0,04	32	0,98	37	1,69	9
Intermediação financeira e seguros	0,02	41	0,90	46	1,48	12
Serviços imobiliários e aluguel	0,00	54	0,65	55	1,37	14
Serviços de manutenção e reparação	0,03	37	0,73	52	3,67	1
Serviços de alojamento e alimentação	0,01	50	1,12	10	0,65	28
Serviços prestados às empresas	0,02	42	0,95	41	2,87	3
Educação mercantil	0,01	51	0,89	47	0,46	45
Saúde mercantil	0,03	38	1,03	24	0,39	55
Outros serviços	0,02	43	1,04	21	0,92	20
Educação pública	0,00	55	0,82	49	1,56	10
Saúde pública	0,04	33	1,00	33	0,39	54
Administração pública e seguridade social	0,01	52	0,67	54	0,49	43

Fonte: elaboração própria com base nas TRU do IBGE, 2005.



Tabela 4 – Simulação do impacto das exportações sobre a produção da economia brasileira em 2005*

Atividades	Exportações por atividade em 2005	Produção necessária para atender às exportações em 2005	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
Agricultura, silvicultura, exploração florestal	21,12	48,14	0,36	0,44	23,03	0,18
Pecuária e pesca	0,33	16,38	0,24	0,09	0,41	0,11
Petróleo e gás natural	9,95	29,69	1,02	0,15	0,96	0,35
Minério de ferro	17,53	23,26	19,25	0,01	0,04	0,04
Outros da indústria extrativa	3,07	7,04	0,46	0,02	0,19	0,04
Alimentos e bebidas	49,49	85,42	1,14	0,24	1,44	0,50
Produtos do fumo	3,98	4,79	0,03	0,01	0,04	0,02
Têxteis	4,11	8,21	0,09	5,05	0,13	0,04
Artigos de vestuário e acessórios	0,84	1,42	0,03	0,01	0,02	0,01
Artefatos de couro e calçados	7,92	10,93	0,04	0,01	0,04	0,02
Produtos de madeira (excluindo móveis)	7,40	11,38	0,03	0,01	0,10	0,11
Celulose e produtos de papel	8,20	16,16	0,32	0,07	0,24	0,20
Jornais, revistas e discos	0,25	6,24	0,41	0,06	0,25	0,14
Refino de petróleo e coque	11,74	42,28	2,23	0,32	2,12	0,75
Álcool	1,84	4,21	0,10	0,02	0,20	0,05
Produtos químicos	6,52	29,71	0,54	0,31	3,41	0,30
Fabricação de resina e elastômeros	4,40	14,01	0,29	0,27	0,35	0,26
Produtos farmacêuticos	1,34	4,45	0,14	0,04	0,25	0,07
Defensivos agrícolas	0,63	4,64	0,05	0,04	1,38	0,03
Perfumaria, higiene e limpeza	0,97	2,08	0,04	0,01	0,05	0,02
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	0,35	1,63	0,03	0,01	0,04	0,02
Produtos e preparados químicos diversos	2,10	5,56	0,09	0,04	0,20	0,12
Artigos de borracha e plástico	4,14	18,12	0,44	0,12	0,55	0,39
Cimento	0,10	3,72	0,18	0,04	0,21	0,09
Outros produtos minerais não metálicos	4,20	7,50	0,10	0,02	0,14	0,10
Fabricação de aço e derivados	22,19	44,43	0,48	0,07	0,37	0,42
Metalurgia de metais não ferrosos	9,37	15,39	0,14	0,02	0,11	0,18



Produtos de metal (excluindo máquinas e equipamentos)	3,03	17,69	0,65	0,06	0,42	0,53
Máquinas e equipamentos (incluindo manutenção e reparos)	15,99	22,45	0,54	0,06	0,16	0,09
Eletrodomésticos	1,33	2,41	0,06	0,01	0,06	0,05
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	1,15	1,79	0,03	0,01	0,04	0,02
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	4,68	12,63	0,27	0,05	0,23	1,09
Material eletrônico e equipamentos de telecomunicações	8,13	10,69	0,10	0,02	0,11	8,65
Aparelhos e instrumentos médico-hospitalares, de medida e óticos	1,26	3,61	0,11	0,03	0,12	0,06
Automóveis, camionetas e utilitários	15,27	16,52	0,03	0,01	0,03	0,02
Caminhões e ônibus	6,18	7,54	0,04	0,01	0,04	0,02
Peças e acessórios para veículos automotores	10,62	29,68	0,61	0,12	0,62	0,33
Outros equipamentos de transporte	12,12	16,55	0,09	0,02	0,09	0,04
Móveis e produtos das indústrias diversas	3,50	5,51	0,08	0,02	0,09	0,04
Eletricidade, gás, água, esgoto e limpeza urbana	0,00	28,39	1,47	0,46	1,01	0,56
Construção	0,95	6,66	0,28	0,07	0,30	0,17
Comércio	1,46	36,34	1,39	0,49	1,88	1,07
Transporte, armazenagem e correio	5,46	53,57	3,65	0,51	2,43	1,24
Serviços de informação	0,95	22,45	1,50	0,17	0,78	0,90
Intermediação financeira e seguros	1,65	21,16	1,49	0,22	0,94	0,59
Serviços imobiliários e aluguel	2,51	19,11	0,97	0,21	0,97	0,47
Serviços de manutenção e reparação	0,00	54,89	3,07	0,72	3,51	1,55
Serviços de alojamento e alimentação	9,48	14,10	0,65	0,05	0,23	0,10
Serviços prestados às empresas	14,21	53,18	2,16	0,50	2,01	1,22
Educação mercantil	0,02	1,63	0,09	0,02	0,10	0,05
Saúde mercantil	0,04	0,46	0,02	0,00	0,02	0,01
Outros serviços	0,80	10,11	0,50	0,12	0,54	0,28
Educação pública	0,00	20,01	1,12	0,26	1,28	0,58
Saúde pública	0,00	0,54	0,03	0,01	0,03	0,02
Administração pública e seguridade social	0,00	2,11	0,13	0,03	0,09	0,05
Total	324,84	958,54	49,43	11,72	54,42	24,34
Participação do setor nas exportações totais (%)			5,40	1,27	6,50	2,50
Total do impacto simulado em relação às exportações totais (%)			5,16	1,22	16,77	2,54

* Em R\$ bilhões.

Fonte: elaboração própria com base nas TRU do IBGE, 2005.



Tabela 5 – Simulações de impactos intersetoriais nos setores de minério de ferro, têxtil, de alimentos e bebidas e de material eletrônico e equipamentos de telecomunicações

	S1	S2	S3	S4
Exportações do setor / exportações totais (%)	5,40	1,27	19,83	2,66
Impactos totais / exportações totais (%)	15,22	3,61	49,48	7,49
Multiplicador	2,82	2,85	2,49	2,81

Fonte: elaboração própria com base nas TRU do IBGE, 2005.

A simulação 2 (S2) analisa o mesmo aumento de 100%, mas agora na produção do setor têxtil. O impacto desse aumento sobre o volume total das exportações antes da simulação seria de 3,61%, valor significativamente inferior se comparado ao da simulação 1 (S1). A explicação para essa diferença está no volume exportado pelo setor de minério de ferro, que possui participação no total exportado do Brasil quatro vezes maior do que o setor têxtil. Quando uma atividade possui uma proporção elevada de vendas no mercado interno, os seus encadeamentos a jusante são elevados, ao passo que, quando a atividade possui elevados coeficientes de exportação, fica evidente que uma parte dos seus encadeamentos está no exterior e, portanto, seus coeficientes a jusante são reduzidos.

Na terceira simulação (S3), o setor alimentos e bebidas teria aumento de 100% no volume de exportações e geraria um impacto positivo mais elevado, correspondente a 16,8% na produção brasileira destinada a exportações. Tendo tanto um IHR a montante superior ao do minério de ferro (1,17) quanto uma participação mais elevada no total exportado (15,2%), o setor também se apresenta como um importante catalisador das exportações e da demanda intermediária da produção interna.

A quarta simulação (S4) envolve o aumento das exportações de um setor fortemente importador, o de material eletrônico e equipamentos de telecomunicações. Esse aumento geraria um impacto positivo de 2,7%, que, embora seja bastante inferior ao que seria promovido tanto pelo setor de minério de ferro quanto de alimentos e bebidas, é significativamente superior ao resultado simulado para um aumento nas exportações do setor têxtil.

Os resultados das diferentes simulações dependem de vários fatores, não apenas da proporção entre compras de insumos nacionais e valor adicionado, de um lado, e importações de insumos, de outro. O que a matriz permite quantificar precisamente é o conjunto de efeitos, diretos e indiretos, que reproduzem a teia de relações entre cada setor e os demais. Essa teia difunde para um grupo de atividades que se amplia a cada rodada de impactos, de modo que, ao final, todos terão recebido efeitos, ainda que de importância variável.

Análise dos resultados: investimentos

Antes de apresentar os resultados da simulação do impacto do investimento sobre a produção nacional, é importante analisar a absorção dos investimentos de produtos nacionais e importados por setor da atividade econômica brasileira. A matriz de absorção dos investimentos, apresentada na tabela 6, nas páginas seguintes, foi construída em uma parceria entre os Institutos de Economia da UFRJ e da Unicamp, com base nas tabelas de recursos e usos do IBGE de 2005.¹³

A tabela 6 mostra que, no ano de 2005, o setor de minério de ferro realizou R\$ 21,8 bilhões em investimentos, incluindo a absorção de produtos nacionais e importados. Entre as atividades selecionadas, foi a que mais investiu, superando setores cujo volume de investimento é tradicionalmente alto, como o de refino de petróleo e coque (R\$ 12,0 bilhões). Outra característica da absorção de investimentos da atividade de mineração é a baixa intensidade do componente importado. O setor teve a menor participação de produtos importados no total de produtos demandados para fins de investimento: 6%. O setor de material eletrônico e de telecomunicações registrou a maior parcela dos bens importados no total de bens demandados para investimento: 27,2%. Essa atividade econômica, conforme levantado na tabela 3, nas páginas 218 e 219, também apresenta elevada participação de importações no valor bruto da produção: 27%. E é evidente que isso tem consequências em seus encadeamentos nacionais.

13 IE-UFRJ/IE-Unicamp, 2005.

Tabela 6 – Absorção de investimentos de produtos importados e nacionais em 2005, nos setores selecionados

Produto	Absorção de investimentos de produtos importados (R\$ milhões)						
	Atividades						
	Alimentos e bebidas	Petróleo e gás natural	Minério de ferro	Têxteis	Refino de petróleo e coque	Material eletrônico e equipamentos de telecomunicações	Automóveis, camionetas e utilitários
Produtos de metal (excluindo máquinas e equipamentos)	35	15	21	3	34	6	14
Máquinas e equipamentos (incluindo manutenção e reparos)	1.324	287	288	240	314	60	266
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	215	96	273	7	247	13	59
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	90	89	389	3	220	4	46
Material eletrônico e equipamentos de telecomunicações	188	79	115	10	121	13	29
Aparelhos e instrumentos médico-hospitalares, de medida e ópticos	117	30	76	3	67	6	27
Automóveis, camionetas e utilitários	14	1	1	2	2	1	185
Outros equipamentos de transporte	6	2	145	1	22	0	1
Móveis e produtos das indústrias diversas	1	0	0	0	0	0	0
Total da absorção de investimentos de produtos importados (1)	1.999	598	1.31	268	1.025	103	627
Participação (1)/(3) em %	17,3	10,6	6,0	21,0	8,5	27,2	15,2



Produtos de madeira (excluindo móveis)	49	0	0	0	0	0	0
Produtos de metal (excluindo máquinas e equipamentos)	209	583	2.363	2	1.759	11	405
Máquinas e equipamentos (incluindo manutenção e reparos)	557	966	5.636	335	2.15	0	1.097
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	58	483	2.04	0	1.338	0	201
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	-	159	1.054	0	443	0	52
Material eletrônico e equipamentos de telecomunicações	139	1.541	2.978	0	2.082	12	276
Aparelhos e instrumentos médico-hospitalares, de medida e óticos	-	68	180	0	153	0	62
Automóveis, camionetas e utilitários	1,232	0	82	148	62	27	0
Caminhões e ônibus	511	0	8	2	1	0	0
Outros equipamentos de transporte	13	7	970	1	132	0	0
Móveis e produtos das indústrias diversas	0	3	11	0	7	0	1
Construção	5,568	0	454	334	136	185	688
Comércio	943	822	3.089	158	1.721	31	536
Transporte de carga	152	132	498	25	277	5	86
Serviços imobiliários e aluguel	75	204	812	2	545	3	76
Serviços prestados às empresas	30	81	324	1	217	1	40
Total da absorção de investimentos de produtos nacionais (2)	9,537	5.05	20.499	1.008	11.022	276	3.51
Participação (2)/(3) em %	82,7	89,4	94,0	79,0	91,5	72,8	84,8
Total da absorção de investimentos de produtos nacionais e importados (3)	11.527	5.648	21.808	1.276	12.048	380	4.137

* Preços básicos.

Fontes: IBGE, 2008, e Freitas, 2008/2009.



Para ter uma ideia mais clara sobre o impacto causado pelo investimento em diferentes setores sobre a produção total da economia brasileira, é imprescindível considerar as especificidades do processo produtivo de cada setor e, sobretudo, a intensidade do seu uso de capital. A relação entre capital e produção é um elemento fundamental para dimensionar os efeitos do investimento sobre o processo produtivo das atividades relacionadas. Essa relação considera a intensidade em capital fixo (bens de investimento) das atividades produtivas, diferenciando-as para permitir a identificação daquelas que possuem maior potencial de impacto sobre a produção da economia brasileira. Um setor que tem uma relação capital-produção elevada deve possuir, de modo compensatório, volumes de compras de insumos e de pagamento de salários ou de serviços relativamente menores. De modo inverso, um setor que possui uma elevada proporção de compras de insumos e de pagamento de salários ou de serviços no seu valor da produção deverá apresentar uma relação capital-produção relativamente menor.

O indicador da relação capital-produção foi obtido por meio de uma aproximação: pela relação entre o ativo total e o faturamento líquido¹⁴, apresentado na tabela 7, na página seguinte. Essa relação permite determinar o impacto do investimento necessário para promover um determinado aumento na produção do setor analisado. A mesma tabela apresenta a demanda de investimento para que cada uma das atividades selecionadas aumente sua produção em R\$ 1 bilhão, considerando que todas as atividades utilizam 100% de sua capacidade produtiva e necessitam realizar novos investimentos para aumentar sua produção.¹⁵

Entre os setores selecionados na tabela 7, a maior intensidade em capital fixo é verificada no setor de geração de energia elétrica: uma média anual de 4,71. A mineração ocupa a terceira posição, com uma relação média entre ativo total e faturamento líquido de 3,34. Esse setor é mais intensivo em capital fixo do que o de petróleo e gás, que alcançou a média de 2,14. É também mais intensivo do que os setores de telecomunicações, de alimentos e de engenharia.

14 Com base em dados publicados na revista *Exame Melhores e Maiores* de 2007 a 2010.

15 Ou, alternativamente, que o setor investidor pretende manter constante seu grau de utilização da capacidade instalada.

Tabela 7 – Relação ativo total/faturamento líquido nas atividades produtivas selecionadas

Atividades	Média dos anos de 2007 a 2010	Investimento necessário para aumentar em R\$ 1 bilhão a produção ⁽¹⁾ (em R\$ bilhões)
Energia elétrica (geração)	4,71	4,7050
Metalurgia e siderurgia	3,52	3,5200
Minério de ferro	3,34	3,3375
Água e saneamento	3,02	3,0225
Química e petroquímica	2,46	2,4575
Energia elétrica (distribuição)	2,32	2,3200
Petróleo e gás (extração)	2,14	2,1400
Telecomunicações	1,62	1,6150
Alimentos	1,20	1,1950
Construção e engenharia	1,02	1,0175

(1) Para este cálculo, foi utilizada a relação ativo total/faturamento líquido média.

Fonte: elaboração própria com base em dados da revista *Exame Melhores e Maiores*, 2007 a 2010.

A alta intensidade de capital fixo e o elevado conteúdo nacional dos bens de investimento demandados pela indústria de minério de ferro fazem de seu investimento um elemento importante para o desenvolvimento da economia nacional, devido aos impactos gerados, direta e indiretamente, sobre a produção nacional e, como consequência, sobre o emprego e a renda. A tabela 8, na próxima página, simula, de maneira isolada, o investimento necessário para aumentar a produção em R\$ 1 bilhão em cinco setores da economia, e o respectivo impacto sobre a produção total da economia brasileira, considerando a intensidade de capital fixo de cada atividade econômica e assumindo que os demais investimentos se mantêm constantes.

A simulação 1 (S1) mostra o impacto do investimento do setor de minério de ferro, a partir da análise da relação capital-produção da mineração.

Conforme exposto na tabela 5, nas páginas 220 e 221, esse setor exportaria R\$ 17,5 bilhões adicionais, que demandariam, em termos de investimento, esse montante multiplicado pela relação capital-produção, perfazendo, portanto, R\$ 56,8 bilhões, que demandariam R\$ 152 bilhões de esforço produtivo da economia para serem atendidos.

Tabela 8 – Simulação do impacto do investimento necessário para aumentar em 100% as exportações brasileiras em cada um dos setores selecionados*

	S1	S2	S3	S4
Impacto dos investimentos**	152,3	14,6	164,3	35,8

* Não está incluído o investimento do setor institucional famílias.

** Em bilhões de reais.

Fonte: elaboração própria com base nas TRU do IBGE, 2005.

As simulações 2, 3 e 4 se referem aos setores têxtil (S2), alimentos e bebidas (S3) e materiais eletrônicos (S4). Na indústria têxtil, seria preciso um investimento de R\$ 5,3 bilhões para duplicar as suas exportações nos volumes do ano de 2005, gerando impactos de R\$ 14,6 bilhões. A indústria de alimentos e bebidas demandaria um investimento de R\$ 59,4 bilhões para duplicar a sua exportação, gerando efeitos de R\$ 164,3 bilhões. O setor de materiais eletrônicos demandaria R\$ 13,2 bilhões em investimentos, e geraria impactos de R\$ 35,8 bilhões.

Os expressivos encadeamentos do setor de mineração de ferro na atividade produtiva brasileira têm impactos bastante positivos no nível de atividade e no próprio desenvolvimento econômico do país, uma vez que os efeitos dos investimentos realizados para atender às necessidades de produção têm efeitos multiplicadores elevados de geração direta e indireta dos componentes do valor adicionado e de demanda sobre outros setores.

Os exercícios de simulação realizados permitem dar conteúdo concreto à ideia de que, no setor de mineração – assim como ocorre com outros setores



de recursos naturais – os investimentos são o componente primordial do dinamismo da indústria, e é por meio dela que os efeitos dinâmicos se difundem pelo sistema econômico no seu conjunto. É essa é a razão que torna o investimento a variável mais sensível desses setores.





8 CICLOS DE PREÇOS E MUDANÇAS INSTITUCIONAIS



A escalada dos preços internacionais das *commodities* nas duas primeiras décadas do século XXI foi acompanhada de mudanças nos marcos institucionais que regulam a exploração e o uso dos recursos naturais em diversos países. No mundo todo, governos propuseram medidas para ampliar seu controle sobre os recursos naturais ou para se apropriar de uma fatia maior da renda gerada por poços de petróleo, minas e terras agricultáveis, motivados pela expressiva valorização desses ativos.

Trata-se de uma reversão da tendência observada entre o fim dos anos 1980 e 1990, quando houve uma redução do papel do Estado nesse setor e um estímulo generalizado à participação da iniciativa privada, muitas vezes com oferecimento de benefícios para assegurar investimentos. Essa mudança não é nenhuma novidade. A história revela que, sobretudo nas economias em desenvolvimento, há um movimento pendular entre a predominância do Estado e a das forças do mercado na gestão dos recursos naturais. São muitos os fatores – políticos, econômicos e ideológicos – que influenciam esse movimento, mas um merece destaque: o preço desses recursos. É possível estabelecer uma relação entre os ciclos de longo prazo das *commodities* e a direção das políticas de gestão dos recursos.

Como visto no capítulo 1, durante os períodos de valorização dos recursos naturais, os governos são tentados a ampliar sua participação na renda e/ou no controle da exploração desses recursos, visando a ampliar a capacidade de financiamento do Estado e seu poder no cenário internacional. Entretanto, quando os preços caem – e a receita advinda das *commodities* se torna insuficiente para financiar as importações, atender às necessidades de reinvestimento na produção e as demandas do Estado de uma maneira geral –, os governos tendem a abrir espaço para as empresas privadas, a fim

de atrair novos investimentos, ampliar a produção, estimular a economia e reequilibrar o balanço de pagamentos.

Os superciclos de preços

Compreender as dinâmicas de preço dos recursos naturais é um desafio para os economistas há pelo menos 60 anos, quando o argentino Raúl Prebisch e o alemão (naturalizado britânico) Hans Singer apresentaram a tese de que os termos de troca dos produtos primários tendiam a se deteriorar em relação aos produtos manufaturados.¹ Durante a maior parte desse período, as evidências pareceram corroborar essa tese. Como demonstram as diversas análises baseadas no método elaborado por Grilli e Yang (1988), os recursos naturais tiveram um expressivo declínio de preços na comparação com os valores registrados no início e no final do século XX. Os preços médios alcançados entre 1998 e 2003 eram 53% menores do que os observados nas duas primeiras décadas do século XX, o que equivale a uma taxa de desvalorização real de quase 1% ao ano.²

Entretanto, a queda acumulada durante o século passado foi revertida na última década. Segundo o Banco Mundial, os preços reais dos recursos naturais subiram, em média, 109% entre 2003 e 2008. E se mantiveram em patamares historicamente elevados mesmo após a crise financeira de 2008, que abalou toda a economia mundial. Segundo a consultoria McKinsey & Company (2011), as *commodities* energéticas estavam, em média, 190% mais caras ao fim de 2011 do que no início dos anos 2000, e os minérios e alimentos haviam subido 135%.

Longos períodos de valorização, como o registrado na primeira década do século XXI, são recorrentes na história do sistema econômico internacional. Algumas linhas de estudo³ sustentam que os recursos naturais apresentam superciclos de preços: ciclos longos, com trinta a quarenta anos de duração, divididos em uma fase de elevação e outra de retração

1 A tese Prebisch-Singer será analisada com mais detalhe no próximo capítulo.

2 Ocampo & Parra, 2010.

3 Como as de Erten & Ocampo (2012), Heap (2006) e Jacks (2013).

dos preços. Jacks (2013) define os superciclos como movimentos de preço associados a choques de demanda relacionados a fenômenos de industrialização em massa e urbanização, que acontecem num contexto de capacidade de produção restringida em muitas categorias de produto. Sendo assim, os preços reais das *commodities* podem se elevar acima da tendência durante anos ou mesmo décadas.

Quatro superciclos de *commodities* podem ser delimitados entre 1865 e 2009, e estão resumidos na tabela 1, na próxima página. Durante esse período, a correlação entre os preços das *commodities* e as taxas de crescimento do PIB mundial foi de 0,58%. No caso específico dos metais, essa correlação foi ainda maior: 0,73%.⁴

O primeiro desses superciclos teria começado em 1894, estimulado pelo processo de urbanização e de industrialização dos Estados Unidos e pelas demandas geradas pelas revoluções tecnológicas do fim do século XX, como o surgimento da indústria automobilística. Até 1917, quando atingiram seu pico, os preços reais das *commodities* não energéticas subiram 50,2% em média, os produtos agrícolas cresceram um pouco mais, e os metais mais do que dobraram. A partir de 1917, os produtos primários tiveram uma tendência de baixa, acentuada durante a depressão americana de 1920-1921, que se estendeu até 1932. Apesar da forte elevação nos anos que antecederam o estouro da crise de 1929, os preços reais das *commodities* não energéticas caíram 54% em média entre 1917 e 1932.⁵

O segundo superciclo começou em 1932,⁶ com um movimento de alta – pontuado por ciclos menores de elevação e retração nos preços – que atingiu seu pico em 1951, em meio ao processo de reurbanização e reindustrialização da Europa, que havia sido destruída durante a Segunda Guerra Mundial. Ao longo desses 19 anos, os preços das matérias-primas não energéticas subiram, em média, 72%. Nos vinte anos seguintes, houve uma desvalorização real média de 43%.

4 Erten & Ocampo, *op. cit.*

5 Como visam a caracterizar tendências de longo prazo, os superciclos não evidenciam movimentos de duração mais curta, como a elevação dos preços durante a década de 1920. Na verdade, a alta dos anos 1920 é uma correção (apenas parcial) da forte queda iniciada no fim dos anos 1910 e que atingiu seu piso no início dos anos 1930, durante a Grande Depressão norte-americana.

6 Embora as *commodities* agrícolas tenham começado a subir em 1932, em parte sustentadas pelas políticas que restringiram o aumento da produção nos Estados Unidos, no âmbito do *New Deal*, os preços dos metais, que haviam atingido um pico em 1929, não voltaram a subir antes de 1945.

Tabela 1 – Os superciclos de preços das *commodities*

Total				
	1894-1932	1932-1971	1971-1999	1999-atual
Ápice	1917	1951	1973	2010
Valorização durante a fase de alta (%)	50,2	72,0	38,9	81,3
Desvalorização durante a fase de queda (%)	-54,6	-43,3	-52,5	-
Duração do ciclo (anos)	38	39	28	-
Fase de alta (anos)	23	19	2	11
Fase de queda (anos)	15	20	26	-
Média (de todo o ciclo)	157,3	119,4	86,2	82,2
Produtos agrícolas				
	1894-1932	1932-1971	1971-1999	1999-atual
Ápice	1917	1951	1973	2010
Valorização durante a fase de alta (%)	52,8	90,3	52,0	76,6
Desvalorização durante a fase de queda (%)	-56,2	-49,6	-56,0	-
Duração do ciclo (anos)	38	39	28	-
Fase de alta (anos)	23	19	2	11
Fase de queda (anos)	15	20	26	-
Média (de todo o ciclo)	163,2	127,0	87,5	74,3
Metais				
	1855-1921	1921-1945	1945-1999	1999-atual
Ápice	1916	1929	1956	2007
Valorização durante a fase de alta (%)	105,7	66,6	98,0	202,4
Desvalorização durante a fase de queda (%)	-70,2	-51,9	-47,4	-
Duração do ciclo (anos)	36	24	54	-
Fase de alta (anos)	31	8	11	8
Fase de queda (anos)	5	16	43	-
Média (de todo o ciclo)	151,6	95,7	85,2	109,3
Petróleo				
	1892-1947	1947-1973	1973-1998	1998-atual
Ápice	1920	1958	1980	2008
Valorização durante a fase de alta (%)	402,8	27,4	363,2	466,5
Desvalorização durante a fase de queda (%)	-65,2	-23,1	-69,9	-
Duração do ciclo (anos)	55	26	25	-
Fase de alta (anos)	28	11	7	10
Fase de queda (anos)	27	15	18	-
Média (de todo o ciclo)	36,9	24,8	53,2	91,2

Fonte: Erten & Ocampo, 2012.



As *commodities* iniciaram um terceiro superciclo em 1971, que durou apenas até 1973. Nesse período, os preços médios dos produtos primários não energéticos subiram 38,9%. Essa foi uma época de forte aceleração econômica. De acordo com dados do Banco Mundial, a taxa de crescimento do PIB mundial saltou de 3,77%, em 1970, para 6,19%, em 1973. Os Estados Unidos, que haviam crescido apenas 0,2% em 1970, alcançaram taxas de 3,4%, 5,3% e 5,6% nos três anos seguintes. O período também encerrou a fase de crescimento mais agudo do Japão, alçado ao posto de segunda maior economia mundial.

A partir de 1974, os preços das matérias-primas não energéticas começaram a cair, sob o impacto econômico dos choques do petróleo (em 1974 e 1979) e do choque de juros do Banco Central dos EUA (em 1979), que deprimiu as taxas de crescimento da economia mundial, sobretudo a partir de 1980. Os ganhos de eficiência na indústria e o fim da União Soviética – que culminou no desmantelamento de uma indústria intensiva em recursos e no ingresso da Rússia e de outras repúblicas que integravam a União no mercado mundial, ofertando matérias-primas energéticas e minerais – também colaboraram para a tendência de queda, que durou até 1999. Nesses 25 anos, os preços das *commodities* caíram, em média, 52,5%.

A dimensão e a duração dos superciclos variam de acordo com o tipo de produto primário. Vistos isoladamente, os metais iniciaram seu primeiro superciclo ainda em 1885 (nove anos antes das *commodities* em seu conjunto) e o encerraram em 1921 (11 anos antes). O segundo ciclo dos metais começou em 1921 e atingiu seu pico em 1929, quando os preços iniciaram uma trajetória de desvalorização que se prolongou até 1945 (o que só aconteceria para as *commodities* como um todo em 1971). O terceiro ciclo teve início no ano seguinte ao fim da Segunda Guerra Mundial (1946), e os preços aumentaram até 1956. Em seguida, entraram em uma tendência de baixa que durou até 1999.

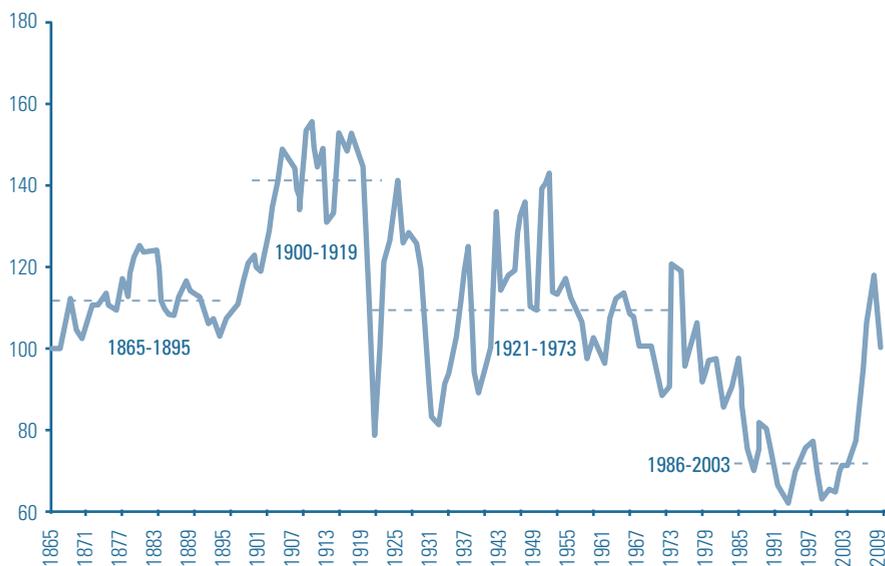
O petróleo é outro produto com dinâmica própria, e uma característica o diferencia de todos os demais grupos de matérias-primas: em todos os superciclos, a valorização acumulada durante a fase de alta sempre foi proporcionalmente maior do que a desvalorização subsequente, o que significa preços médios mais altos a cada ciclo. Os metais e os produtos agrícolas, em contrapartida, registraram médias de preço cada vez mais



baixas nos três primeiros ciclos, configurando uma tendência de desvalorização ao longo do período. Outra particularidade do petróleo é sua baixa correlação com as taxas de crescimento da economia mundial, que exercem uma influência relevante sobre os preços dos metais. No gráfico 1, é possível visualizar as tendências de alta e de queda observadas nos superciclos.

Gráfico 1 – Índice de preços das *commodities* não energéticas, 1865-2009

(1970-1979 = 100)



Fonte: Ocampo & Parra, 2010.

O superciclo chinês

A alta nos preços reais das matérias-primas a partir de 1999 configura o início de um quarto superciclo. Na média, os preços das *commodities* não energéticas subiram 81,3% até 2010, quando, aparentemente, atingiram seu pico. Os metais subiram 202,4% até 2007, e o petróleo (cujo ciclo

começou em 2008), 466% até 2008.⁷ Segundo o Banco Mundial, trata-se do maior e mais intenso *boom* de *commodities* desde 1900. Essa escalada está ligada de forma direta ao crescimento da demanda impulsionado pela China e às restrições à expansão da oferta impostas pela falta de investimentos globais após duas décadas de preços em queda.

O crescimento das importações de recursos naturais da China a partir do século XXI não tem paralelo na história. Em 2000, o país importava cerca de 70 milhões de toneladas de minério de ferro, que correspondiam a 14% das importações globais da matéria-prima. Menos de uma década depois, em 2008, o volume importado saltou para 444 milhões de toneladas, representando 49,4% das importações globais.⁸ De 2000 a 2009, o país multiplicou por três suas importações de petróleo: de 1,35 milhão para 4,24 milhões de barris/dia.⁹

Entre 2000 e 2012, as importações chinesas de soja se multiplicaram por quase seis – de 10,1 milhões para 59 milhões de toneladas –, e sua participação no mercado, que era inferior a um quinto, passou a ser de quase dois terços. No mesmo período, as importações de algodão, que eram inferiores a 200 mil fardos, cresceram a 24 milhões de fardos, de modo que o país importa hoje um volume próximo àquele que o mundo inteiro importava no início dos anos 2000.¹⁰

Assim como aconteceu com a emergência dos Estados Unidos como potência econômica, no fim do século XIX, e a reconstrução dos países europeus e do Japão após a Segunda Guerra Mundial, o intenso processo de urbanização e de industrialização da China no início do século XXI desencadeou longos períodos de apreciação dos recursos naturais. O que diferencia o ciclo chinês é a escala.

Segundo a McKinsey, o Reino Unido levou 154 anos para dobrar a renda média doméstica (de US\$ 1.300 para US\$ 2.600) de uma população inferior a 10 milhões de habitantes. Os Estados Unidos, começando 120 anos mais tarde, demoraram 54 anos para alcançar o mesmo objetivo, com uma população pouco superior a 10 milhões de habitantes.

7 Erten & Ocampo, *op. cit.*

8 www.worldsteel.org/statistics/statistics-archive/monthlyironarchive.html

9 IEA, 2012.

10 www.usda.gov

No século XX, o Japão dobrou a renda média de uma população aproximada de 50 milhões em 33 anos. No contexto atual, a China e a Índia, com uma população combinada de 2,5 bilhões, alcançam o mesmo resultado a cada 12 e 16 anos, respectivamente. Trata-se de um ritmo dez vezes mais veloz do que o alcançado pelo Reino Unido, sobre uma base duzentas vezes maior.¹¹

De acordo com dados da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a economia global deve incorporar quase 3 bilhões de pessoas às classes médias de consumo até 2030. Isso significa que a parcela da população com renda diária entre US\$ 10 e US\$ 100 – uma faixa intensiva em consumo de recursos naturais – deverá chegar a 4,8 bilhões até 2030, representando um salto de 166% em relação a 2009, quando era de apenas 1,8 bilhão. Cerca de 90% desses novos consumidores virão da Ásia e do Pacífico, em especial da China e da Índia. O aumento da renda na Ásia deve elevar em 33% a demanda primária global por energia até 2030, o que corresponde ao consumo atual dos Estados Unidos e dos países europeus da OCDE¹².

O uso de aço deve aumentar cerca de 80% no mesmo período. Embora as reservas comprovadas de petróleo, carvão, gás, minérios, metais e terras agricultáveis sejam suficientes para sustentar essa expansão, os custos marginais de produção tendem a crescer à medida que a exploração de reservas de difícil acesso – como as de petróleo em águas profundas ou em areias betuminosas – e o uso de terras menos produtivas ou localizadas em regiões com infraestrutura precária se tornem necessários. A complexidade e o custo de explorar esses recursos tendem a tornar a oferta menos elástica e, com isso, os preços ficam sensíveis aos mais tímidos estímulos da demanda.

No entanto, outras forças atuam para frear o consumo de recursos naturais e, conseqüentemente, seu potencial de valorização. O Banco Mundial pondera que, desde os anos 1970, a economia global cresceu com um uso

11 Ver introdução e gráfico 1 do cap. 9.

12 A organização, que tem como objetivo promover políticas de desenvolvimento econômico e social em nível global, é integrada por 34 países: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Chile, Coreia do Sul, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estados Unidos, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Islândia, Israel, Itália, Japão, Luxemburgo, México, Noruega, Nova Zelândia, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Tcheca, Suécia, Suíça e Turquia.

menos intensivo de energia e de alimentos, ainda que, no caso dos metais, essa tendência tenha começado a se reverter em meados dos anos 1990. De acordo com a McKinsey, a intensidade de uso de recursos naturais no crescimento econômico reduziu, em média, de 0,5% a 2% ao ano entre 1980 e 2000, como reflexo dos ganhos de eficiência na indústria.

Nos Estados Unidos, a participação do petróleo na geração de energia elétrica caiu de 12%, em 1970, para 3%, no ano 2000, e para 1% na segunda década no século XXI. O desmonte do bloco soviético, em 1991, contribuiu para esse aumento de eficiência em escala global, à medida que possibilitou a redução ou o fechamento de setores industriais pouco eficientes e intensivos em recursos naturais. Por essas razões, o uso de recursos naturais cresceu menos do que o produto da economia mundial no século passado, o que ajuda a explicar a queda dos preços das *commodities* no período. Entretanto, em termos absolutos, a demanda por diferentes matérias-primas cresceu entre 600% e 2.000%.

O estudo dos ciclos de preços dos recursos naturais é relevante para os países produtores e exportadores primários devido ao impacto que esses movimentos exercem sobre a sua estrutura econômica e política. Aumentos ou declínios bruscos das receitas obtidas com *commodities* afetam diretamente a composição da pauta de exportações, o saldo da balança de pagamentos, as taxas reais de câmbio, o nível da renda doméstica e o pagamento de impostos. Compreender essa dinâmica pode contribuir para que as economias primário-exportadoras formulem políticas capazes de neutralizar ou, ao menos, atenuar os efeitos da volatilidade de preços.

Entre a estatização e a privatização

O estudo dos ciclos de preço das matérias-primas também pode ajudar a compreender as mudanças nos arranjos institucionais que dizem respeito à posse, à exploração e à apropriação das rendas provenientes dos recursos naturais, sobretudo em países onde as instituições são frágeis.¹³ Como mostrou Chua (1995), a história pós-colonial dos países latino-americanos

13 Ver seção *Possíveis impactos adversos de uma política tributária imediatista*, do cap. 1.

e do sudeste asiático foi marcada pela alternância cíclica entre períodos de estatização e de privatização¹⁴.

Com poucas diferenças entre si, os países latino-americanos registraram uma onda de investimentos privados entre 1870 e 1920, que culminou em uma reação nacionalista a partir da década de 1930. Após a Segunda Guerra, e por um breve período, as iniciativas pró-mercado ganharam força, mas deram lugar a novas políticas estatizantes e intervencionistas entre os anos 1960 e 1970. Entre os anos 1980 e 1990, o pêndulo se moveu na direção da privatização e da liberalização econômica.

Ao fim do século XIX, o Brasil era uma economia cada vez mais influenciada pelos ideais liberais e aberta aos investimentos estrangeiros – sobretudo dos ingleses. Com o golpe de 1930 e a ascensão de Getúlio Vargas, o país teve sua primeira inflexão nacionalista. Vargas promulgou uma emenda constitucional que exigia a progressiva nacionalização das minas, dos depósitos minerais, das fontes de energia e das indústrias essenciais ao desenvolvimento econômico e militar. Em 1942, criou a mineradora Vale do Rio Doce. Após a queda de Vargas, em 1945, e pelos cinco anos seguintes, o governo do general Eurico Dutra abandonou o viés nacionalista e tentou mais uma vez estimular os investimentos privados. Um de seus primeiros passos foi a abertura de uma licitação para a construção de refinarias por empresas privadas brasileiras.¹⁵

A eleição de Vargas, em 1950, marcou o retorno das políticas nacionalistas no Brasil. Sob o *slogan* *O petróleo é nosso*, ele criou a Petrobras em 1953 e concedeu à estatal o monopólio da exploração do petróleo. No começo dos anos 1960, sob o governo de João Goulart, o setor elétrico brasileiro foi nacionalizado, com a compra da American and Foreign Power Company.

As privatizações foram retomadas por um breve período após o golpe militar de 1964. Na década seguinte, contudo, o número de empreendimentos estatais cresceu de forma mais acelerada do que em qualquer período anterior.¹⁶ O viés mudou mais uma vez em 1979, e a privatização passou

14 Por *privatização*, Chua entende a transferência da propriedade ou do controle de ativos do setor público para o privado. Por *nacionalização*, a transferência da propriedade ou do controle dos ativos do setor privado para o público. Segundo a autora, regimes de privatização são geralmente (mas não sempre) acompanhados pela extinção dos controles de preço e de importação, por desregulamentação e arrefecimento das restrições ao investimento estrangeiro. Do mesmo modo, regimes de nacionalização costumam trazer novas regulamentações, restrições ao capital estrangeiro e novos empreendimentos públicos.

15 Ver seção *Trajatória da C&T brasileira na mineração*, do cap. 5.

16 Chua, *op. cit.*

a ser um objetivo explícito da política pública ao longo das duas décadas seguintes. O presidente José Sarney, que assumira o poder em 1985, criou o Programa Federal de Desestatização em 1988, um conjunto de medidas que visavam a liberalizar a economia brasileira. Os governos de Fernando Collor (de 1990 a 1992) e de Fernando Henrique Cardoso (de 1994 a 2002) aprofundaram essa política, que culminou na privatização da Vale do Rio Doce e na quebra do monopólio estatal da exploração do petróleo,¹⁷ em 1997, e na abertura de capital da Petrobras, em 2000.

Assim como o Brasil, o México experimentou um período de *laissez-faire* entre 1867 e 1910, durante o qual o crescimento do país foi impulsionado pelo capital estrangeiro. Em 1911, três quartos das minas mexicanas pertenciam a investidores estrangeiros, assim como as ferrovias, os bancos, a eletricidade e as indústrias petroleiras. O Período Revolucionário, de 1910 a 1940, foi marcado por uma profunda inflexão nacionalista. Sob o governo do general Lázaro Cárdenas Del Río (de 1934 a 1940), o México expropriou os campos de petróleo e as refinarias e criou a estatal Petróleos Mexicanos (Pemex), que passou a deter o monopólio da exploração.

O movimento nacionalista mexicano foi, em parte, revertido no período entre 1940 e 1958, com as eleições de Manuel Ávila Camacho (que governou de 1940 a 1946) e, sobretudo, de Miguel Alemán Valdés (presidente de 1946 a 1952). Com o objetivo de acelerar o processo de industrialização mexicana por meio da substituição de importações, Valdés adotou políticas favoráveis ao capital estrangeiro, entre as quais uma reprivatização parcial do setor petrolífero. Contudo, as portas para a iniciativa privada foram fechadas no governo de Adolfo López Mateos, que assumiu o poder em 1958. Uma nova lei do petróleo foi publicada naquele mesmo ano e, em 1960, uma emenda constitucional pôs fim às concessões existentes e restaurou o monopólio da Pemex. Em seguida, o setor de mineração foi estatizado: o governo aprovou uma lei que proibia a emissão de novas concessões de mineração para estrangeiros ou empresas controladas por estrangeiros. O viés nacionalista mexicano persistiu até 1982, tendo se intensificado durante os governos de Luis Echeverría (de 1970 a 1976) e de López Portillo (de 1976 a 1982).

17 Em meio à depressão econômica causada pelo primeiro choque do petróleo, o presidente Ernesto Geisel já havia, em 1975, autorizado a Petrobras a firmar contratos de risco “sem quebra de monopólio” com empresas privadas para a exploração de petróleo. No entanto, a iniciativa foi frustrada.

A partir de 1983, sob o comando do presidente Miguel de la Madrid (que ficou no cargo de 1982 a 1988), o México deu início a um amplo e duradouro programa de privatizações, que se estendeu até a década de 1990, na tentativa de corrigir os desequilíbrios fiscais do setor público. Durante esse período, setores inteiros como os de telecomunicações, siderurgia, mineração, farmacêutico e financeiro retornaram para mãos privadas. A Pemex, contudo, se manteve sob o controle estatal e ainda possui o monopólio da exploração, da produção e do refino do petróleo no país.

O Chile e o Peru também experimentaram um longo período de liberalismo econômico pós-independência, seguido de uma fase de nacionalização (a partir dos anos 1930), um retorno à privatização (por volta dos anos 1950), de uma época de fervor nacionalista (entre os anos 1960 e 1970) e uma nova rodada de liberalização nas últimas duas décadas do século XX.

Ao fim do governo Eduardo Frei, em 1970, o Estado chileno era o único ou maior acionista de 44 companhias. Em apenas três anos, entre 1970 e 1973, sob a presidência de Salvador Allende, entre 250 e 350 empresas privadas foram nacionalizadas – incluindo as cinco principais minas de cobre. No Peru, após golpe militar de 1968, o general Juan Velasco expropriou os ativos da Companhia Internacional do Petróleo, de diversas mineradoras, da indústria de farinha de peixe e dos complexos açucareiros.

Em 1973, o general Augusto Pinochet empreendeu um programa massivo de reprivatizações no Chile, devolvendo a maioria das companhias nacionalizadas por Allende para a administração privada. No entanto, Pinochet manteve sob as rédeas do Estado as minas de cobre nacionalizadas por Allende, criando, em 1976, a Corporación Nacional del Cobre (Codelco), até hoje uma das maiores companhias chilenas. O Peru, por sua vez, iniciou em 1980, sob o comando de Fernando Belahude, seu programa de reprivatização. Cerca de 220 empresas estatais foram negociadas, incluindo as maiores minas e a estatal do petróleo.

A Argentina é outro país que oscila entre processos de privatização e de nacionalização desde o fim do século XIX. Assim como seus vizinhos, foi um país aberto ao capital estrangeiro durante as primeiras décadas do século XX, um período marcado por grande prosperidade econômica, mas também pela expressiva concentração da riqueza nas mãos de algumas famílias de proprietários de terras e de grandes corporações estrangeiras. A reação nacionalista culminou no primeiro grande programa de estatização, empreendido durante o primeiro

governo de Juan Perón (de 1946 a 1955). Sob a presidência de Arturo Frondizi (de 1958 a 1962), o governo argentino concedeu incentivos generosos para estrangeiros investirem em setores como os de petróleo, de aço e automotivo.

Esse cenário foi brevemente revertido durante o governo de Arturo Illia (de 1962 a 1966), que assumiu o compromisso de “expurgar a influência estrangeira” do petróleo. O general Juan Carlos Ongonia (que presidiu o país de 1966 a 1970) retomou a retórica pró-eficiência e pró-desestatização, mas o nacionalismo voltou à pauta em 1970, quando Perón assumiu a presidência mais uma vez. Com a tomada do poder pela Junta Militar, em 1976, a Argentina retomou as políticas de livre mercado, de privatização e de estímulo ao investimento estrangeiro, que predominaram durante os anos 1980 e 1990, sob os governos de Raúl Alfonsín (de 1983 a 1989) e de Carlos Menem (de 1989 a 1999).

A maior parte do sudeste asiático foi mantida sob controle colonial até a década de 1950. Mesmo nesse período relativamente curto de vida independente, quase todos os países da região alternaram processos de privatização e de nacionalização. O caso da Malásia é o exemplo típico: após conquistar a independência em relação ao Reino Unido, em 1957, o país experimentou um período de hegemonia liberal em seu sistema econômico. Até os anos 1970, a intervenção governamental no comércio e na indústria era insignificante, com um setor público circunscrito a poucas atividades econômicas, como transporte, energia e comunicações.¹⁸

Apesar do crescimento verificado entre 1957 e 1970, a política econômica reforçou desigualdades estruturais entre os diferentes grupos étnicos que habitavam o país herdadas do período colonial. Em meio às crescentes turbulências políticas, sociais e raciais, o governo malaio implementou, em 1971, um programa de longo prazo conhecido como *Nova Política Econômica* (NEP, na sigla em inglês), que imperou por quase vinte anos e visava a corrigir essas desigualdades e a assegurar a unidade nacional. Entre outras medidas, a NEP estimulou a criação de empresas estatais, o que fez crescer a participação do setor público na economia – incluindo o emergente setor de óleo e gás – entre as décadas de 1970 e 1980.¹⁹

18 Chua, *op. cit.*

19 Por volta de 1990, o setor público malaio era um dos maiores do mundo, com mais de 1.100 empresas estatais, responsáveis por aproximadamente 25% do PIB (*idem, ibidem*).

A descoberta e a extração de novas reservas de petróleo, em meio à alta dos preços da *commodity* a partir de 1973, permitiu ao governo da Malásia expandir os gastos públicos até o fim daquela década, sem a necessidade de se endividar de forma considerável no exterior. Contudo, com a queda dos preços do petróleo e o aperto monetário nos Estados Unidos, em 1979, o cenário econômico mundial se deteriorou e obrigou o país a rever sua política expansionista, resultando em reformas liberais e em um amplo programa de privatizações a partir dos anos 1980.²⁰

A Tailândia seguiu uma trajetória similar. Desde meados do século XIX até 1932, a condução da política econômica foi marcada pelo favorecimento do investimento privado e do comércio exterior – bem como pelo domínio de uma elite militar e burocrática e de um crescente número de imigrantes chineses. A partir de 1938, o governo tailandês começou a nacionalizar setores importantes, sobretudo aqueles comandados por chineses, criando estatais para competir no comércio de arroz e praticamente assumindo os setores de sal, tabaco, petróleo e suínos. A ênfase na nacionalização ganhou força após a Segunda Guerra, como parte de uma campanha de criação de uma *Tailândia para os tailandeses*. Desse modo, por volta de 1986, o governo possuía mais de sessenta empresas públicas nos segmentos de tabaco, bebidas, madeira, açúcar, minérios, cimentos e têxtil. Contudo, a partir de 1986, em meio à crescente dificuldade das empresas estatais financiarem seus próprios investimentos e a consequente dependência de financiamento externo, o governo tailandês deu início a uma política de privatizações em setores como os de papel, de açúcar e a aeronáutica.²¹

A Zâmbia,²² um país africano altamente dependente do cobre, também sentiu os efeitos desse movimento pendular. O metal é explorado na região desde o final do século XIX – quando o país, então chamado de Rodésia do Norte, ainda era uma colônia britânica –, sob a tutela da Companhia Britânica da África do Sul (BSAC, na sigla em inglês). Em meados da década de 1930, a Rodésia do Norte respondia por 13% da oferta mundial de cobre, mas seus habitantes pouco usufruíam desse benefício: a BSAC detinha os direitos sobre as áreas de mineração e extraía *royalties* substanciais das companhias mineradoras.

20 Jomo & Syn, s.d.

21 Chua, *op. cit.*

22 Chang, Hevia & Loayza, 2010.

Além disso, o governo britânico expropriava metade da renda que o governo local recebia das companhias. Com a forte alta dos preços do cobre durante os anos 1950, as mineradoras da Rodésia do Norte começaram a pagar dividendos regulares, e o governo local finalmente começou a receber uma fatia dos *royalties* colhidos pela BSAC. Sob pressão crescente dos trabalhadores, também passou a oferecer salários mais altos e maior estabilidade de emprego.

O *boom* do cobre se encerrou em 1956 e, em 1964, a Rodésia do Norte conquistou a independência do Reino Unido, passando a se chamar República Independente da Zâmbia. O governo então adquiriu todos os direitos minerais pertencentes à BSAC e aumentou os impostos sobre as mineradoras. Os preços da *commodity* subiram e se mantiveram em níveis relativamente altos até meados dos anos 1970. Nesse intervalo, os ativos de mineração foram nacionalizados e agrupados sob a Zambia Industrial and Mining Corporation (Zimco), que se tornou uma das maiores companhias da África subsaariana. Com a tendência de queda dos preços do cobre observada a partir de 1975, a pressão sobre as reservas e os custos crescentes, os zambianos se viram obrigados a consolidar operações e a reduzir a produção. A partir dos anos 1990, o governo local deu início a um programa de privatizações, que incluiu ativos de cobre.

É claro que há uma série de aspectos – macroeconômicos, políticos, ideológicos, étnicos e históricos – por trás da alternância entre regimes pró-nacionalização e pró-privatização nos países exportadores de recursos naturais. Estudos sugerem, porém, que a oscilação de preços dos produtos primários pode ser um fator tão importante nesse processo quanto os componentes políticos e ideológicos.

Entre 1960 e 2006, as expropriações de empresas de petróleo tenderam a acontecer em períodos de preços elevados, sobretudo em países onde a qualidade das instituições é fraca.²³ A maior parte das expropriações no setor ocorreu nos anos 1970, quando os preços do petróleo – e de várias outras *commodities* – atingiram máximos históricos. Há uma razão aparentemente lógica por trás desse comportamento: quanto mais alto é o valor do petróleo, mais valioso é o ativo explorado e, portanto, maiores os incentivos para que o governo o exproprie da iniciativa privada. Entre 1960 e 2006, houve

23 Ver seção *Possíveis impactos adversos de uma política tributária imediatista*, do cap. 1.

98 processos de nacionalização de petróleo, em 42 países. A grande maioria deles se concentrou nos anos 1970, com casos isolados na década de 1980 e nenhum registro entre 1990 e 2005.²⁴

Duncan (2006) observou um fenômeno semelhante no setor de mineração. Entre 1967 e 1974, diversos países exportadores de cobre, como o Chile, o Peru, o então Zaire e a Zâmbia, nacionalizaram integral ou parcialmente as minas de propriedade estrangeira. Uma onda de expropriações também foi registrada entre os exportadores de bauxita nos anos de 1974 e 1975, incluindo a República Dominicana, a Guiné, a Guiana, a Jamaica e o Suriname, fato que não ocorreu em nenhum desses países a partir dos anos 1980.

O autor define *expropriação* como qualquer ato por meio do qual um governo se apodera de uma fatia maior do retorno de um investimento do que prevê o contrato original. É o caso do confisco de ativos (como equipamentos, reservas ou direitos de exploração), da venda forçada de ações da companhia para o governo ou para empresas privadas nacionais e do aumento não previsto de impostos sobre a receita ou o lucro da empresa concessionária. Ao fim dos anos 1960, os preços reais dos minerais haviam experimentado um longo período de queda, o que contribuiu para rechaçar a especialização em recursos naturais como opção para o desenvolvimento dos países periféricos.²⁵ Esse sentimento começou a mudar no fim da década de 1960, quando os preços das *commodities* voltaram a subir.

Os anos 1970 trouxeram a ideia de uma iminente escassez de recursos naturais no planeta, o que empurraria os preços cada vez mais para cima. Em 1968, Paul Ehrlich, professor da Universidade de Stanford, publicou o livro *A bomba populacional*, no qual previa um cenário de fome e levantes devido ao supercrescimento populacional e à falta de alimentos – uma tese que já havia sido levantada por Thomas Malthus no fim do século XVIII. Em 1974, o texto *Limites do crescimento*, publicado pelo Clube de Roma,²⁶ ganhou notoriedade ao alertar para a redução dos estoques de recursos naturais no mundo.

24 Guriev, Kolotilin & Sonin, 2009.

25 Essa crítica foi expressa nos trabalhos dos economistas Raúl Prebisch e Hans Singer, que serão comentados no próximo capítulo.

26 O Clube de Roma, fundado pelo empresário italiano Aurelio Peccei e pelo cientista escocês Alexander King, em 1968, é um espaço de debate sobre temas ligados à política, à economia, ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável. *Limites do crescimento* foi encomendado pelo clube e elaborado por uma equipe do Massachusetts Institute of Technology (MIT) liderada pela cientista ambiental estadunidense Dana Meadows. O estudo ficou conhecido como *Relatório Meadows* ou *Relatório do Clube de Roma*.

Nesse cenário, não surpreende que os contratos de exploração que haviam sido firmados com base em taxas anteriores sobre a exportação tenham parecido negócios muito ruins para os países em desenvolvimento, uma vez que as taxas de retorno dos investimentos privados em mineração haviam crescido muito mais do que as receitas tributárias do Estado. Por isso, os países expropriaram investimentos existentes e/ou mudaram os termos dos contratos de concessão para capturar uma fatia maior dos lucros das empresas.²⁷ Para o Banco Mundial, os países que nacionalizaram seus recursos naturais não possuíam uma estratégia clara. Aparentemente, os objetivos eram apenas capturar as receitas e salvaguardar o patrimônio nacional, já que tinham a percepção de que investidores estrangeiros embolsavam a maior parte dos lucros, deixando muito pouco para os países.

Prain (1975) estimou que as exportações de cobre sobre as quais governos detinham alguma participação somavam apenas 2,5% do total mundial ao fim dos anos 1960. Na década seguinte, essa fatia saltou para 43%. Nos anos 1970, mais de um quarto da produção mundial de cobre vinha de minas estatais, 12% de companhias nas quais governos eram majoritários, e 5% de companhias nas quais governos tinham participação minoritária. Levando em conta apenas os investimentos estrangeiros diretos, Williams (1975) calculou que o valor das expropriações em países em desenvolvimento no período entre 1956 e 1972 equivalia a 25% do estoque total de investimentos estrangeiros diretos em 1972.

Duncan montou uma base de dados de expropriações governamentais de sete minerais (bauxita, cobre, estanho, níquel, prata, zinco e chumbo) nos oito maiores países em desenvolvimento exportadores de cada uma dessas *commodities*, entre 1960 e 2002.²⁸ Os países do antigo bloco

27 Duncan, *op. cit.*

28 Em relação à bauxita, foram analisados Brasil, República Dominicana, Guiné, Guiana, Indonésia, Jamaica, Serra Leoa e Suriname. Os produtores de cobre selecionados foram Chile, Indonésia, México, Peru, Filipinas, Papua Nova Guiné, República Democrática do Congo (então Zaire) e Zâmbia. A relação entre os preços do chumbo e as expropriações foram estudadas na Argentina, no Brasil, em Honduras, no México, no Marrocos, na Namíbia, no Peru e na Zâmbia. Os dados sobre níquel levaram em conta a produção de Botsuana, do Brasil, da República Dominicana, da Indonésia, do Marrocos, da Nova Caledônia, das Filipinas e do Zimbábue. Os indicadores relacionados à prata são provenientes da Argentina, da Bolívia, do Chile, de Honduras, do México, de Marrocos, do Peru e da República Democrática do Congo. Os produtores de estanho analisados foram Bolívia, Brasil, Indonésia, Malásia, Nigéria, República Democrática do Congo, Ruanda e Tailândia. Foram considerados os dados sobre o zinco da Argentina, da Bolívia, do Brasil, do México, da Namíbia, do Peru, da República Democrática do Congo e da Zâmbia.

comunista foram excluídos porque não tinham uma participação suficientemente relevante nos mercados globais de minerais durante o período analisado. Todas as desapropriações de ativos, os aumentos de participações acionárias ou de impostos não previstos no contrato original foram considerados formas de expropriação. Ao todo, o pesquisador encontrou cinquenta casos de expropriação, sistematizados na tabela 2: foram vinte confiscos de ativos, 12 aumentos de participação estatal no capital das companhias e 18 aumentos de impostos. Dos 27 países analisados, pelo menos 18 praticaram algum tipo de desapropriação. Os dados revelam que 74% das expropriações ocorreram entre 1970 e 1979, quando o preço médio desses minerais atingiu o maior nível da série.

Tabela 2 – Expropriações governamentais de minerais selecionados nos oito principais países exportadores das *commodities* selecionadas

Mineral	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-2002	Todos os anos
Bauxita	1	15	0	0	16
Cobre	5	6	0	0	11
Chumbo	1	1	0	0	2
Níquel	0	0	1	0	1
Prata	1	2	0	0	3
Estanho	2	11	0	0	13
Zinco	2	2	0	0	4
Todos os minerais	12	37	1	0	50
Preço médio dos minerais	1,03	1,32	1,09	0,67	1

Fonte: Duncan, 2006.

Países desenvolvidos também cedem à tentação de expropriar ganhos dos setores de recursos naturais em tempos de preços e rentabilidade elevada. A Austrália e o Canadá, por exemplo, empreenderam, juntos, 11 atos de expropriação de recursos entre 1960 e 1996. Na segunda metade dos anos 1970, os preços dos minerais começaram a experimentar um longo período

de baixa, que se estendeu, com poucas exceções, pelos anos 1980 e 1990, quando foram atingidos os menores níveis reais do século XX. Nessas décadas, não houve qualquer incentivo à nacionalização na maioria dos países. Pelo contrário, observou-se um estímulo crescente à participação da iniciativa privada na exploração dos recursos naturais.²⁹

Kobrin (1984) analisou expropriações em 79 países em desenvolvimento entre 1960 e 1979 e apontou que elas cresceram nos anos 1960, atingiram seu pico no começo dos anos 1970 e declinaram em seguida. Minor (1994) e Shafik (1996) deram continuidade ao estudo original de Kobrin, estendendo o período de cobertura até 1993 e concluíram que, entre 1980 e início dos anos 1990, 95 países experimentaram processos extensivos de privatização e de liberalização econômica. De acordo com o Banco Mundial, a participação estatal no valor global da produção mineral metálica caiu de 47,2% (42,3%, excluindo a China) em 1984 para 22,3% (14,9%, excluindo a China) em 2000.

Na América Latina, os anos 1990 foram marcados por um amplo processo de privatização dos recursos naturais. Em 1997, o Brasil aprovou sua nova Lei do Petróleo, que quebrou o monopólio dos hidrocarbonetos (gás e petróleo), transferindo sua gestão para a União. Em 1999, o país fez sua primeira licitação de blocos para exploração. No ano seguinte, o governo realizou uma privatização parcial da Petrobras, oferecendo ao mercado as ações ordinárias (com direito a voto) que excediam o controle estatal na companhia. Ao todo, o governo arrecadou pouco mais de R\$ 7,2 bilhões. No mesmo ano da aprovação da Lei do Petróleo, foi levada a leilão a Companhia Vale do Rio Doce, uma das maiores produtoras e exportadoras mundiais de minério de ferro, gerando US\$ 3,13 bilhões aos cofres públicos.

A Venezuela, que em 1975 havia nacionalizado todo o setor de hidrocarbonetos, instituindo o monopólio da estatal Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) sobre a extração do petróleo e praticamente se fechando para o capital estrangeiro, tratou de reverter sua política para o setor. Essa nova estratégia foi adotada mediante a constatação de que a estatal, sozinha, não tinha condição de prover os investimentos necessários em um cenário econômico adverso, marcado pela queda das receitas petrolíferas, pelo déficit público e pelo baixo financiamento externo.

29 *Idem, ibidem.*

A partir de 1992, o país colocou em prática o processo de *apertura petrolera*, com a licitação de campos e poços inativos, onde empresas privadas podiam atuar como prestadoras de serviço para a PDVSA – um tipo de associação já prevista pela Lei de Nacionalização de 1975, mas que não tinha sido adotada até então. Em 1995, a Lei de Nacionalização foi alterada, e empresas privadas puderam explorar novos campos a risco em sociedade com a PDVSA, cuja participação ficaria restrita a, no máximo, 35%.³⁰ Nos anos 2000, a nacionalização voltou ao cenário, comandada por Hugo Chávez.³¹

A Argentina foi mais longe e promoveu, em 1993, o saneamento e a privatização total da Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF), a mais antiga companhia estatal de petróleo em todo o mundo, fundada em 1922. Em 1999, a empresa foi vendida à espanhola Repsol, por US\$ 15 bilhões. Em 1996, a Bolívia privatizou os ativos da Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB), fundada em 1936. O Peru adotou um programa radical de privatizações entre 1991 e 1997, que culminou na venda de um conjunto de estatais do setor de mineração que incluía minas, a Hierros Perú, a Cerro Verde, a Minera Tintaya e a Refinería de Zinc de Cajamarquilla. Como será visto a seguir, Evo Morales, em 2006, trouxe de volta para a Bolívia os ares da nacionalização.³² A maioria dos países latino-americanos promoveu mudanças em suas legislações que favoreceram o investimento privado no setor de recursos naturais.³³

Com a rápida elevação dos preços dos hidrocarbonetos nos anos 1960 e 1970, os governos tenderam a acreditar que as estatais ligadas à exploração dos recursos naturais (particularmente, o petróleo) poderiam cumprir um papel mais abrangente do que o inerente à sua área de atuação. Mais do que prover lucros, essas empresas poderiam ser usadas para gerar empregos, uma cadeia doméstica de fornecedores, investimentos sociais (como a construção de escolas e hospitais), desenvolvimento regional (por meio da construção de estradas e pontes) e transferência de renda. A prioridade, no entanto, foram os objetivos sociais, econômicos e políticos, de modo que

30 Guimarães, Oliveira & Tomasquim, 1997.

31 Ver seção *Anos 2000: uma guinada nacionalizante*, a seguir.

32 Ver seção *Anos 2000: uma guinada nacionalizante*.

33 Albavera, Ortiz & Moussa, 2001.

as fragilidades relacionadas à eficiência comercial dessas empresas foram ignoradas, encobertas pelos enormes fluxos de caixa durante os períodos de preços elevados. A crise do petróleo na década de 1980 e a queda dramática das receitas a ela associadas expôs essas deficiências e a incompatibilidade entre os dois papéis das estatais do petróleo.³⁴

As rendas elevadas, muitas vezes aliadas a baixos custos de exploração, tornam a indústria extrativa muito atraente para a expropriação governamental, em especial quando os preços do petróleo estão altos, e o regime tributário é inadequado – ou seja, possui uma característica regressiva, que prevê uma cobrança menor de impostos quanto maior for a receita – e não dispõe de cláusulas de contingência. Arranjos tributários mais flexíveis, que possibilitem ao governo capturar ao menos parte dos ganhos gerados por uma grande valorização das *commodities*, podem reduzir os incentivos à nacionalização.³⁵

Muitas indústrias baseadas em recursos naturais foram ou são administradas de maneira relativamente eficiente pelo Estado – como a norueguesa Statoil, a malaia Petronas, a brasileira Petrobras e a venezuelana PDVSA – em especial durante os anos 1980 e 1990.³⁶ Mas diversos estudos³⁷ demonstram que a produtividade de empresas de petróleo e de mineração cresce de maneira significativa após uma privatização. Contudo, a exploração privada dos recursos naturais limita o escopo das políticas redistributivas do Estado, que tende a absorver uma pequena fatia dos lucros do setor.

Essa relação de perde-e-ganha entre eficiência e equidade social ajuda a explicar por que a posse dos recursos naturais oscila entre os setores público e privado. Embora tenha havido expropriações nos países desenvolvidos, como no Canadá e na Austrália,³⁸ os governos têm mais predisposição a nacionalizar recursos naturais nas quais a qualidade das instituições e os níveis de educação são deficientes, e o desrespeito às leis e a quebra de contratos, tolerados.³⁹ Economias pouco diversificadas, onde os níveis de renda e de consumo tendem a ser mais voláteis sob as égides do mercado, também seriam mais propensas a escolher o controle estatal.

34 McPherson, 2003.

35 Manzano & Monaldi, 2010.

36 Sinnott, Nash & De La Torre, 2010.

37 Schmitz & Teixeira, 2008; La Porta & Lopez de Silanes, 1999; Chong & Lopez de Silanes, 2005.

38 Duncan, *op. cit.*

39 Guriev, Kolotilin & Sonin, *op. cit.*

Os movimentos de privatização ou reprivatização parecem ser mais frequentes quando os preços das *commodities* caem, expondo as eventuais ineficiências da gestão estatal. O baixo valor dos recursos naturais e a perda de credibilidade na gestão estatal tendem a enfraquecer o poder de barganha⁴⁰ dos governos durante as negociações, obrigando-os a aumentar as concessões a fim de atrair o setor privado.⁴¹ Por isso, os contratos costumam ser pouco flexíveis, privando os governos de colher os frutos de uma elevação nos preços dos recursos naturais e, portanto, apenas aumentando as chances de uma nova expropriação no futuro, o que reforça a dinâmica cíclica do processo.

Anos 2000: uma guinada nacionalizante

1º de maio de 2006. Em discurso nas instalações do campo de produção de gás de San Alberto, então operado pela Petrobras, o presidente da Bolívia, Evo Morales, firmou o decreto 28.701, nacionalizando todas as operações de hidrocarbonetos do país. “A hora chegou, o dia esperado, um dia histórico quando os bolivianos reassumem o controle absoluto de seus recursos naturais. Acabou o saque das empresas estrangeiras”, disse. Uma hora depois, soldados das forças armadas ocuparam as 53 instalações de exploração de gás e petróleo controladas por empresas estrangeiras.⁴² Com o decreto, a YPFB assumiu o controle acionário das filiais de empresas estrangeiras estabelecidas no país, que foram reduzidas ao papel de operadoras de produção. As companhias (Petrobras, Repsol-YPF, British Petroleum, Total-Elf, Paranamerican e Exxon-Mobil) tiveram 180 dias para renegociar os contratos. Caso não aceitassem as condições, deveriam deixar a Bolívia.

Esse não é um caso isolado, mas parte de um movimento de mudança de regras para dar mais participação ao Estado na produção, comercialização e receita dos recursos naturais, sobretudo nos países em desenvolvimento. Em todo o mundo, a primeira década do século XXI foi marcada por discussões envolvendo aumentos de impostos e de *royalties* sobre produtos como petróleo e minérios, renegociações contratuais, controles de preço e processos de expropriação e de estatização de empresas privadas.

40 Ver seção *Possíveis impactos adversos de uma política tributária imediatista*, do cap. 1.

41 Sinnott, Nash & De La Torre, *op. cit.*

42 *O Estado de S. Paulo*, 02/05/2006.

Esse movimento começou no início da década. Em 2001, a Venezuela comandada por Hugo Chávez aprovou uma nova Lei Orgânica de Hidrocarbonetos, de acordo com a qual a PDVSA passaria a ter participação majoritária em suas associações com empresas privadas para quaisquer novos projetos de exploração e produção de petróleo. Em 2005, Chávez determinou que a nova legislação fosse aplicada também aos contratos pré-existentes. A medida atingiu os 32 acordos operacionais mantidos pela PDVSA com empresas estrangeiras e tornou a estatal proprietária de 60% de cada projeto. Dois anos mais tarde, a Venezuela assumiu o controle acionário de quatro projetos na bacia do rio Orinoco, o que levou as petroleiras Exxon e Conoco Philips a deixar o país.⁴³

Néstor Kirchner, em 2006, elevou de 20% para 47% o imposto cobrado pela Argentina sobre a exportação de gás natural para o Chile, medida que estremeceu a relação entre os dois países.⁴⁴ Os chilenos compravam então 90% de todo o gás exportado pelos argentinos, a maior parte para abastecer as operações da canadense Methanex nas plantas de produção de metanol localizadas em Cabo Negro. Com a elevação dos impostos, a Argentina apenas repassava o aumento nos preços do gás importado da Bolívia causado pela nacionalização dos hidrocarbonetos naquele país, meses antes. Nos anos seguintes, a Argentina cortou diversas vezes o fornecimento de gás para o Chile a fim de priorizar o abastecimento do mercado doméstico.⁴⁵

Em meio à escalada nos preços internacionais dos alimentos, o governo argentino também interveio no setor agrícola. Em 2008, entrou em choque com os produtores rurais ao decretar o aumento dos impostos sobre a exportação de seus produtos (as chamadas *retenções*) e impor um maior controle sobre os embarques de alguns produtos para conter a alta dos preços domésticos. Em abril de 2012, o governo argentino interveio na petroleira YPF-Repsol e, menos de um mês depois, expropriou a YPF do controle da espanhola Repsol, declarando de “interesse público nacional e como ‘objetivo prioritário’ a conquista de uma autonomia no abastecimento de hidrocarbonetos”.⁴⁶ A decisão foi considerada um “gesto de hostilidade” pela Espanha, que prometeu retaliações.⁴⁷

43 Bain & Company & Tozzini Freire Advogados, 2009.

44 *Dow Jones Newswires*, 28/07/2006.

45 Dias antes de aumentar os impostos sobre a exportação de gás, o governo de Néstor Kirchner já havia tomado uma decisão que causara indignação no Chile: o aumento do preço da gasolina vendida a estrangeiros nas regiões de fronteira, com o objetivo de frear a demanda de chilenos e brasileiros pelo combustível vendido na Argentina.

46 *O Estado de S. Paulo*, 03/05/2012.

47 *BBC Brasil*, 17/04/2012.

No Leste Europeu, a estatal russa Gazprom suspendeu, no início de 2006, o fornecimento de gás para a Ucrânia após o fracasso das negociações para o reajuste nos preços do combustível – colocando em alerta os países europeus, que importam gás russo por meio dos gasodutos ucranianos – até que um novo acordo fosse fechado.⁴⁸ Três anos mais tarde, a Gazprom voltou a cortar o fornecimento de gás para a Ucrânia, comprometendo por 13 dias o abastecimento na Europa – o que jamais havia acontecido desde a construção da rede de gasodutos durante os tempos soviéticos. O conflito terminou com a assinatura de um novo contrato de dez anos que, entre várias mudanças, elevou o preço do gás vendido para a Ucrânia.⁴⁹

Na segunda década do século XXI, diversos países também alteraram – ou iniciaram discussões para alterar – seus regimes de tributação sobre a mineração.⁵⁰ Em março de 2012, a Austrália,⁵¹ um dos maiores produtores mundiais de *commodities* metálicas, aprovou, após dois anos de debate, um novo imposto de 30% – a Taxa sobre a Renda dos Recursos Minerais (MRRT, na sigla em inglês) – sobre os lucros das minas de minério de ferro e de carvão. O objetivo declarado da medida, duramente criticada pelas empresas do setor, era espalhar os benefícios da alta nos preços dessas matérias-primas por outros setores da economia australiana. Em setembro de 2011, o Estado de Queensland já havia promovido um aumento dos *royalties* sobre o carvão, de 10% para até 15%, a depender do preço de venda.⁵²

Na América do Sul, o Peru aprovou um novo regime tributário para a mineração em 2011,⁵³ instituindo uma cobrança de 1% a 12% sobre os lucros operacionais e um imposto extra de 2% a 8,4% do lucro líquido. Antes, as empresas do setor pagavam ao Estado peruano entre 1% e 3% sobre as vendas líquidas.⁵⁴

Na Indonésia, um dos maiores exportadores mundiais de níquel e estanho, o governo adotou, em 2012, uma nova política para o setor de mineração com o objetivo de desestimular a exportação de matérias-primas e forçar as mineradoras a agregar mais valor à sua produção. O país asiático

48 Com a alta dos preços internacionais do petróleo, a Rússia passou a pressionar os ex-membros da União Soviética para que pagassem valores próximos daqueles praticados no mercado europeu pelo gás produzido nos campos da Sibéria.

49 Pirani, Stern & Yafimava, 2009.

50 *Mining Australia*, 05/12/2012.

51 *Reuters*, 19/03/2012.

52 *Reuters*, 11/09/2012.

53 *Reuters*, 14/09/2011.

54 *Mineweb*, 29/09/2011.

impôs uma taxa de 20% sobre a exportação de alguns minérios e restringiu os embarques de produtos básicos de companhias que não apresentassem um plano para a construção de siderúrgicas.⁵⁵ Além disso, a nova legislação determinou que mineradoras estrangeiras se desfizessem de pelo menos metade de seus ativos após dez anos de produção, com o objetivo de reduzir a presença internacional no setor.⁵⁶ Outros grandes exportadores de metais, entre os quais o Chile, a Índia e o Brasil, também estão engajados em discussões sobre novos regimes tributários para o setor de mineração.

A Bolívia é um dos países que foram além, nacionalizando o seu setor de metais. Entre 2007 e 2010, expropriou os ativos de mineração e fundição controlados pela *trading* suíça Glencore. A Venezuela nacionalizou sua indústria siderúrgica em 2009, depois de cancelar seis concessões da Anglo American para produção de níquel. A África do Sul, o maior produtor mundial de platina, debateu durante mais de dois anos a proposta de nacionalização do setor minerador, até o projeto ser rechaçado em 2012, pelo presidente Jacob Zuma.⁵⁷ Intervenções estatais também foram observadas no Equador, na Namíbia e no Zimbábue. A China anunciou, em 2011, uma taxa sobre a produção de petróleo, gás natural, terras raras, sal e metais com o objetivo de gerar renda e aplacar as tensões políticas em áreas pobres onde essas matérias-primas são exploradas.⁵⁸

Na França, o governo do socialista François Hollande ameaçou, em 2012, nacionalizar ativos da ArcelorMittal em Florange, em resposta à intenção da companhia de interromper o funcionamento das instalações siderúrgicas na região, o que causaria a demissão de 629 funcionários. Durante o imbróglio, o então ministro da Indústria, Arnaud Montebourg, chegou a declarar que o governo “já não quer a Mittal em França”,⁵⁹ embora os demais ativos da companhia no país não tenham sido ameaçados pela proposta de nacionalização.

A produção de recursos naturais apresenta especificidades e ambiguidades que a distingue das atividades econômicas estritamente privadas. A primeira delas é a sua indissociabilidade do território nacional. Mesmo quando

55 *Reuters*, 04/05/2012.

56 *Reuters*, 30/09/2012.

57 *Reuters*, 10/02/2012.

58 *Associated Press*, 10/10/2011.

59 *Económico*, 28/11/2012.

operadas por empresas privadas em regimes de concessão, reservas de gás, petróleo, água e outros minerais constituem um patrimônio público, uma riqueza nacional. A segunda é seu caráter estratégico: o acesso a alimentos, energia e minérios é uma condição vital para a sobrevivência humana e o desenvolvimento capitalista de uma nação, sendo tratada com frequência como uma questão de soberania.

Além disso, a exploração dos recursos naturais produz efeitos econômicos, ambientais e sociais fundamentais. Um *boom* ou um *bust* nos mercados internacionais de *commodities* tem impacto direto nas taxas de câmbio, no balanço de pagamentos, no nível da renda e do emprego em países primário-exportadores. Não é à toa que alguns países exportadores de recursos naturais depositam os recursos advindos do comércio externo em um fundo soberano no exterior, para minimizar ou neutralizar os efeitos de uma grande variação nos preços ou nos volumes de produção.

Por essas razões, parece justificável que o Estado exerça, mesmo em países de tradição liberal, um maior controle sobre os recursos naturais do que sobre outros setores produtivos. E que, frente a mudanças expressivas nos níveis de preço ou das reservas exploradas, governos centrais e regionais se vejam tentados ou mesmo pressionados a renegociar as condições de usufruto dessa riqueza pelas empresas privadas.

Como observado, tais renegociações estão longe de ser um fenômeno típico de países em desenvolvimento com pouca tradição de respeito a contratos, embora haja diferenças fundamentais entre processos arbitrários de nacionalização – como os empreendidos pela Bolívia e pela Venezuela no setor de hidrocarbonetos – e as discussões sobre aumento de *royalties* sobre a mineração na Austrália e no Brasil. O grau de intervenção estatal ou a propensão à mudança radical de regras parecem ser proporcionais à dependência econômica do país em relação aos recursos naturais e à qualidade dos arranjos institucionais que regem o setor.

Aparentemente, os rompimentos também tendem a ser mais drásticos nos países onde os contratos de concessão não remuneram o Estado de forma adequada ou são pouco flexíveis – isto é, não se ajustam para que a sociedade possa se apropriar de ao menos parte da renda extraordinária gerada por uma alta no preço das *commodities* –, os níveis de concentração da renda são elevados, e a exploração dos recursos naturais é pouco integrada a outras. Se uma elevação nesses preços tende a favorecer uma revisão

dos marcos que regulam a exploração dos recursos naturais em todos os lugares, essa tendência é especialmente forte quando impera a percepção de que as empresas privadas, sobretudo de capital estrangeiro, são as únicas beneficiárias dessa exploração.

Desse modo, a estabilidade das regras na produção pode estar relacionada à qualidade da relação entre as empresas, o governo e a sociedade, o que passa pela criação de marcos regulatórios adequados. É preciso instituir mecanismos que promovam uma distribuição justa da renda dos recursos naturais, mitigar os riscos macroeconômicos associados à instabilidade dos preços das *commodities*, estimular a busca por encadeamentos econômicos, manter a produção em níveis adequados e sustentáveis e preservar o meio ambiente, os direitos humanos e as minorias étnicas.

Mudanças casuísticas das regras do jogo, ao sabor das oscilações dos preços no mercado ou de objetivos político-eleitorais, tendem a restringir a atração ou os estímulos ao investimento privado e a ampliar as taxas de retorno exigidas por esse setor. A instabilidade institucional é um dos muitos riscos associados à exploração dos recursos naturais, e seu preço recai, em última instância, sobre a sociedade. Por essa razão, é fundamental que os governos sejam capazes de firmar contratos que remunerem de forma adequada o investimento privado em ambas as fases do ciclo de preço e, ao mesmo tempo, permitam ao Estado se apropriar dos ganhos extraordinários advindos de uma valorização expressiva ou da descoberta de uma grande reserva mineral – sem necessidade de repactuações.

Para isso, é preciso que os governos, a sociedade e as empresas privadas construam consensos sobre como manejar os recursos naturais da maneira mais eficiente, tanto do ponto de vista financeiro quanto dos retornos sociais, e estabeleçam canais permanentes para a solução de tensões políticas. Tal demanda se faz ainda mais necessária frente os desafios – e as oportunidades – que o crescimento de países populosos como a China e a Índia coloca aos países produtores de recursos naturais. Sem marcos adequados, a janela que se abre para países como o Brasil e outros exportadores de produtos primários corre o risco de ser subaproveitada, e as oportunidades de desenvolvimento, desperdiçadas.



9 ATIVIDADES PRIMÁRIAS E MINERAIS EM PERSPECTIVA HISTÓRICA: A FORÇA E A PERMANÊNCIA DAS IDEIAS

A Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL)¹ exerceu grande influência no pensamento econômico e na implementação de políticas de desenvolvimento na região desde a sua criação, em 1947. Durante mais de meio século, alguns dos mais influentes economistas em cada um dos países do continente foram formados nessa tradição de pensamento. Ainda hoje, muitos profissionais que estudaram na escola cepalina ou foram fortemente influenciados por ela estão em postos-chave da administração, da academia e das instituições públicas latino-americanas.

A mais importante contribuição teórica dessa escola foi a tese sobre a tendência de redução do preço dos produtos primários no longo prazo em comparação com o dos produtos industrializados. O argumento, desenvolvido pelo economista argentino Raúl Prebisch ao final da primeira metade do século XX e incorporado a muitas das análises sobre a América Latina e seus problemas econômicos, também é conhecido como *tese da deterioração dos termos de troca*.

A teoria teve um papel central nas políticas de industrialização por meio de substituição de importações na América Latina a partir dos anos 1950. De acordo com essa tese, apenas a industrialização poderia tirar os países da região de sua condição subdesenvolvida e periférica. De acordo com os teóricos cepalinos,² a indústria de transformação seria não apenas o lócus

- 1 A comissão foi criada em 1948 pelo Conselho Econômico e Social das Nações Unidas com o intuito de promover a cooperação econômica na região. A organização foi responsável pelo desenvolvimento de um pensamento especializado no exame das tendências econômicas e sociais de médio e longo prazos, tendo como público-alvo os formuladores de políticas da América Latina, não atuando apenas como instituição acadêmica.
- 2 Além de Raúl Prebisch, foram expoentes da CEPAL Aníbal Pinto e Celso Furtado, no primeiro círculo de importância. Depois, Maria da Conceição Tavares e Fernando Fajnzylber seriam nomes de grande influência. Independentemente dessa afiliação, muitos economistas frequentaram os cursos da CEPAL e compartilharam as ideias básicas de suas análises.

do progresso técnico na economia global, mas também o único meio pelo qual esses países poderiam se apropriar de fato dos ganhos de produtividade que a evolução tecnológica proporciona às atividades econômicas. A política de especialização na exportação de *commodities* primárias, portanto, só faria aumentar, ao longo dos anos, o hiato de renda que separava os países desenvolvidos dos latino-americanos.

Embora diversas críticas – tanto do ponto de vista metodológico quanto de sua essência analítico-conceitual – tenham sido levantadas à tese de deterioração dos termos de troca, ela se mostrou válida como tendência de longo prazo durante a segunda metade do século XX. A entrada do novo século, contudo, consolidou as transformações na estrutura do crescimento econômico global que vinham se desenvolvendo nas décadas anteriores. A mais profunda dessas mudanças foi a ascensão de países de grande contingente populacional, destacadamente a China e a Índia, como grandes mercados consumidores de recursos naturais.³

Sejam quais forem os vereditos – até hoje sem conclusões definitivas – sobre a deterioração dos termos de troca, a tradição cepalina subsiste como ideia nuclear em muitas reflexões sobre a realidade da América Latina e continua tendo grande importância em diversos países, incluindo o Brasil. A presença desse corpo de ideias pode ser explícita, mas muitas vezes elas influenciam de forma implícita as proposições de política.

O aumento muito forte da demanda por bens primários está no cerne da inversão da relação dos termos de troca que tem sido observada neste século. Essa inversão pode ser estrutural ou apenas conjuntural, pode representar uma mudança durável ou sofrer uma nova reversão. No entanto, o pensamento econômico – seja em termos acadêmicos, seja em termos de formulação de políticas públicas – continua enraizado em concepções e ideias forjadas em uma conjuntura da economia capitalista global que não se aplica ao contexto de hoje.

Há uma contínua – e talvez obsessiva – busca pelos segmentos ditos avançados da indústria de transformação em detrimento do fortalecimento das atividades econômicas baseadas em bens primários, que também podem ser desenvolvidas em interação com atividades de alta tecnologia ou com fornecedores especializados. Essa interação pode ensejar o dinamismo

3 Ver seção *O superciclo chinês*, do cap. 8.

tecnológico e industrial e propiciar a formação de um sistema dinâmico integrado, muito mais do que as apostas em setores avançados que, dificilmente, reúnem a massa crítica para um desenvolvimento autônomo em bases competitivas.

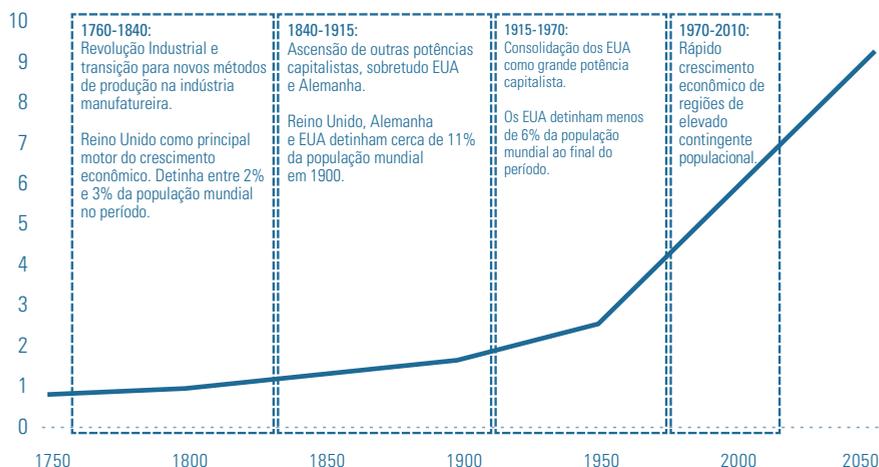
Durante a segunda metade do século XX, o crescimento econômico mundial foi puxado pelas nações mais desenvolvidas: os Estados Unidos, a Europa ocidental e o Japão. Entre os anos 1960 e 1970, os países desse grupo representaram 77% do crescimento econômico global. Essa fatia foi se reduzindo em ritmo relativamente lento ao longo do restante do século, até atingir 63% durante sua última década. Em 1950, esse grupo de países representava 15% da população do mundo e, nos anos 1960, já possuía mais de 60% da população vivendo em áreas urbanas.

Apesar da grande demanda de recursos naturais para as reconstruções necessárias após a Segunda Guerra Mundial, parte considerável da infraestrutura desses países já havia sido estabelecida durante a primeira metade do século XX, sobretudo nos EUA. Ou seja: um pequeno contingente populacional, se comparado ao total do planeta, representou entre dois terços e três quartos do crescimento econômico do mundo nas últimas cinco décadas do século passado.

Tal crescimento foi baseado cada vez menos em conteúdo material e cada vez mais em um componente intangível, representado por serviços e produtos com menor intensidade de recursos (e mão de obra direta) e maior emprego de tecnologias. Os casos emblemáticos são os produtos eletroeletrônicos e farmacêuticos, cujo preço guarda uma tênue relação com seu conteúdo de matérias-primas ou de trabalho direto. Evidentemente, essa lógica se difunde para outros setores e outras famílias de produtos, como alimentos, bebidas, cosméticos, vestuário e calçados.

No início do século XXI, a China e a Índia representavam mais de um terço (37%) da população mundial. Mas, nos anos 1960, ainda apresentavam uma taxa de urbanização bastante inferior à dos países desenvolvidos (36% na China e 28% na Índia). À medida que essa população foi se movendo para os centros urbanos, houve um crescimento da demanda por recursos naturais para atender a necessidades básicas de infraestrutura (habitação, redes de transporte, sistemas de água e esgoto) e de consumo com maior conteúdo material intrínseco (como carros e geladeiras).

Gráfico 1 – População mundial*



* Em bilhões.

Fonte: elaboração própria.

Além disso, o padrão de consumo de alimentos mudou, de um regime de produção de subsistência para uma dependência de produtos de bases mercantis. Segundo relatório das Nações Unidas,⁴ a população urbana deve receber um acréscimo de 2,6 bilhões de habitantes até 2050, sendo 30% desse contingente localizado na China e na Índia. O acréscimo anual da população urbana é equivalente à população total dos EUA à época em que esse país se tornou a grande economia dinâmica do sistema mundial, no começo do século XX.⁵

Entre 1950 e 1960, a China e a Índia foram responsáveis por apenas 1,5% do crescimento econômico mundial, apesar de contarem com mais de um terço de sua população. Esse percentual, contudo, se elevou para 28% durante a primeira década do século XXI. A China foi responsável por 22,5% de todo o crescimento econômico do mundo, enquanto os Estados Unidos, a União Europeia e o Japão responderam por 36%.

4 UN, 2012.

5 Em 1880, a população dos EUA era de 50 milhões, que cresceu para 77 milhões (em 1900) e para 118 milhões (em 1920). A China tem hoje uma população de 1.354 milhões, e a Índia, de 1.210 milhões. Os EUA possuem 316 milhões de habitantes, o equivalente a 12% das populações da China e da Índia consideradas em conjunto.

Entretanto, o conteúdo material do crescimento dos países avançados é muito menor, já que sua urbanização se completou há tempo, e suas infraestruturas estão bem estabelecidas, sem necessidade de investimentos volumosos. O século XXI trouxe uma mudança marcante na estrutura do crescimento econômico, alavancado por um grande conteúdo material oriundo da demanda chinesa⁶ e de países que possuem uma parcela significativa da população mundial, como a Índia, a Indonésia, o Paquistão e a Nigéria.

É impossível saber se a conjuntura atual é permanente ou transitória (e, nesse caso, qual será a sua duração), mas é inegável que a valorização dos termos de troca em favor dos bens primários representa uma janela de oportunidade para os países ricos em recursos naturais. As agências da pesquisa econômica e dos formuladores de política pública também poderiam estar voltadas para o aproveitamento dessas oportunidades, em vez de buscar apenas uma industrialização baseada nos setores considerados mais modernos e avançados. Esse esforço acaba sendo feito em detrimento de outras atividades tidas – de modo simplista – como atrasadas e menos dinâmicas.⁷

O objetivo aqui não é invalidar ou desmantelar a tese da deterioração dos termos de troca, mas abrir espaço para uma reflexão sobre a oportunidade de fortalecer os setores da economia com grande potencial de desenvolvimento que a atual conjuntura econômica oferece às políticas públicas. Mais do que isso, propõe-se uma estratégia de desenvolvimento que tenha a indústria de recursos naturais como elemento dinâmico, espalhando demandas sobre o tecido industrial, impulsionando o progresso tecnológico e sua difusão para outros setores da economia.

A nova demanda oriunda do padrão de crescimento do mundo atual pode ajudar a alavancar o crescimento da economia brasileira e sua articulação positiva, dinâmica e densa com a indústria (dos setores tradicionais aos mais recentes, incorporando inovações tecnológicas) e com os serviços modernos (da pesquisa à logística). Essa estratégia, se concebida e implementada de forma correta, pode ser uma oportunidade mais consistente (e prudente) do que o enfrentamento da competição internacional marcada pela presença chinesa, que apresenta volumes de produção gigantescos e uma taxa de modernização maior do que qualquer outra economia nacional.

6 Ver seção *O superciclo chinês*, do cap. 8.

7 Ver seção *As visões pessimistas*, do cap. 4.

Revisão dos argumentos da tese da deterioração dos termos de troca

De acordo com a CEPAL, o subdesenvolvimento dos países da América Latina é resultado de sua inserção periférica na economia mundial, como produtores de bens e serviços com demanda internacional pouco dinâmica e importadores de bens e serviços com demanda doméstica em expansão. A região absorve, portanto, padrões de consumo e tecnologias pertinentes ao centro do sistema econômico, mas que não condizem com seu nível de renda.

A distinção entre o modo de funcionamento das economias dos países industrializados e das nações especializadas em bens primários foi um dos temas mais investigados pela CEPAL. Em *O desenvolvimento econômico da América Latina*, publicado em 1949, Prebisch esmiuça essas diferenças e concebe o sistema centro-periferia e a tese da tendência à deterioração dos termos de troca. Antes de esse trabalho ser publicado, o economista alemão (naturalizado britânico) Hans Singer já argumentava a existência de uma tendência à deterioração dos termos de troca no longo prazo, que desfavorecia os países menos desenvolvidos. No entanto, o trabalho de Singer só foi publicado no início de 1950, pouco após a versão em espanhol do artigo seminal de Prebisch. A tese ficou conhecida na literatura econômica como *tese Prebisch-Singer*, fazendo jus à contribuição independente e coetânea de ambos os autores.

Segundo a tese da deterioração dos termos de troca, a lentidão no progresso técnico da produção dos produtos primários tem efeitos nos níveis de produtividade, que crescia de modo mais acelerado nos produtos industriais. Embora a literatura econômica tradicional preconizasse que os ganhos de produtividade seriam transferidos aos consumidores como reduções proporcionais nos preços, não era isso que a realidade mostrava. A especialização primário-exportadora, produto histórico da industrialização dos países europeus e da formação de colônias, estava fundamentada na teoria da divisão internacional do trabalho, baseada nas vantagens comparativas ricardianas, oriundas da dotação relativa de fatores⁸. Tal teoria assume que os ganhos de produtividade advindos do progresso técnico seriam repartidos

8 Ver nota 7 do cap. 1.

de modo equânime entre seus geradores e seus usuários, por meio da evolução dos preços e do sistema de trocas.

Dessa forma, as economias nacionais não precisariam modificar sua especialização, decorrente da sua constelação de fatores produtivos naturais, nem promover a industrialização. Se a produtividade industrial nos países centrais crescesse mais rapidamente, seus preços seriam reduzidos na mesma proporção, transferindo aos consumidores (os seus próprios e os localizados nos países periféricos) os ganhos decorrentes da mudança técnica. O inverso deveria ocorrer com os produtos primários, se eles de fato incorporassem mudanças técnicas e ganhos de produtividade em velocidade e intensidade inferiores: seus preços deveriam se elevar em relação aos preços dos produtos industriais. Esse argumento ocupa um lugar de destaque na obra de Prebisch e nas formulações subseqüentes da CEPAL.

É certo que a argumentação relativa às vantagens econômicas da divisão internacional do trabalho é de validade teórica inobjeável. Mas, esquece-se, via de regra, que se baseia em uma premissa terminantemente negada pelos fatos. Segundo esta premissa, o fruto do progresso técnico tende a repartir-se igualmente em toda a coletividade, seja pela baixa dos preços seja pela alta equivalente das remunerações. Por meio do intercâmbio internacional, os países de produção primária obtêm sua parte nesse fruto. Não necessitam, portanto, de industrializar-se. Pelo contrário, sua menor eficiência fá-los-ia perder irremissivelmente as vantagens clássicas do intercâmbio.⁹

Os estudos desenvolvidos no âmbito da CEPAL, como os de Prebisch (1949) e de Pinto (1969), assim como trabalhos dedicados a fazer uma contribuição teórica crítica da teoria cepalina, como os de Rodriguez (1981) e Bielchowsky (2000), partem da premissa de que a desigualdade entre o centro e a periferia é inerente ao processo de desenvolvimento do sistema econômico mundial. Ao longo da evolução desse sistema, contrariando a teoria estabelecida até então,¹⁰ essa distância pode ser aprofundada em vez de a periferia alcançar níveis de produtividade do trabalho semelhantes aos do centro.

9 Prebisch, 1949, p. 47.

10 Em especial, a teoria da dotação de fatores de David Ricardo. Ver nota 7 do cap. 1.

Entre os fatores que contribuem para essa desigualdade estrutural estão o progresso técnico, que é mais acelerado no centro do que na periferia, e os aumentos da produtividade do trabalho, que são captados de modo mais intenso nos países industrializados do que nos primário-exportadores. Esses fatores intensificam a tendência à deterioração dos termos de troca, à medida que o poder de compra dos bens primários de exportação é reduzido em relação ao dos bens industriais.

Os estudos cepalinos revelam que os aumentos de produtividade do trabalho geraram reduções proporcionais nos preços monetários dos produtos primários de exportação na América Latina. Por outro lado, os ganhos de produtividade resultantes da incorporação de progresso técnico na produção industrial do centro geraram aumentos e não reduções de preços, possibilitando aos empresários maiores margens de lucro sobre os custos (*mark-ups*) e ganhos reais aos trabalhadores, organizados em sindicatos fortes e com poder de defesa de seus salários e de suas vantagens.

Assim, os países industrializados têm mais condições de reter esses resultados. Nas economias periféricas da América Latina, a renda média aumentou em proporção inferior aos ganhos de produtividade do trabalho, ao passo que, nos centros industriais, a renda aumentou mais do que a produtividade. Ou seja: os benefícios do progresso técnico alcançados na periferia são, parcialmente mas em boa medida, transferidos para o centro.

O aumento da renda média em um país leva ao crescimento e à diversificação da demanda. No entanto, esse aumento de demanda se dá em direção aos produtos industriais novos (e com menor conteúdo material) e aos serviços, em detrimento dos produtos primários. A periferia se especializa na produção de produtos primários, de demanda inelástica nos países centrais, ao passo que os países desenvolvidos se concentram na produção de bens industriais, de elevada elasticidade de demanda na periferia. Quando a renda média se eleva, portanto, a periferia consome mais produtos industriais, e o centro, menos produtos primários. A consequência inevitável é um desequilíbrio perene entre os países centrais e os países periféricos.

O aumento da produtividade do setor primário – que é, em última instância, causa da elevação da renda média – permite satisfazer essas demandas crescentes na periferia. No entanto, essa produtividade adicional, que é fruto do progresso técnico, tende a gerar um excedente de mão de obra

no setor primário que precisa ser absorvido pelas atividades industriais e de serviços. Em consequência, o maior dinamismo da demanda por bens industriais exige que a produção e o emprego cresçam mais nos setores secundário e terciário do que no setor primário. Como na periferia as necessidades de trabalho na indústria tendem a ser menores do que a oferta resultante do crescimento vegetativo e do deslocamento de mão de obra do setor primário, cria-se uma tendência de geração contínua de excedente de trabalhadores, que exerce uma pressão constante nos salários do setor primário, causando a deterioração dos termos de troca.

Além disso, a demanda dos centros industriais pelos bens primários da periferia depende do crescimento de suas indústrias que, por sua vez, é dependente do desenvolvimento da demanda por bens industriais. Tal sujeição permite que as empresas do centro pressionem as da periferia para reduzir os preços dos produtos primários, promovendo o declínio dos lucros e dos salários.¹¹ Essa diferenciação das rendas médias impede que a periferia alcance os mesmos níveis de poupança e de taxas de investimento e de acumulação do centro.

Desse modo, a industrialização, a absorção da força de trabalho e a distribuição da renda na América Latina ocorrem de uma maneira específica, determinada a ter uma estrutura produtiva pouco diversificada e tecnologicamente heterogênea em relação às economias centrais. Na heterogeneidade periférica, coexistem setores com os maiores níveis de produtividade do mundo (em especial os exportadores) e atividades de baixíssima produtividade se comparadas com as similares dos centros desenvolvidos.

Pilares da tese Prebisch-Singer

O progresso técnico na indústria é mais acelerado do que no setor primário-exportador

Como visto na seção anterior, a principal hipótese da teoria de deterioração dos termos de troca é que o progresso técnico ocorre de forma mais acentuada na indústria e não é transmitido aos países exportadores de

11 *Rodriguez, op. cit.*

produtos primários pelo comércio internacional,¹² ao contrário do que previa o princípio ricardiano das vantagens comparativas¹³. Dessa forma, a discrepância entre os níveis de produtividade da indústria e do setor de bens primários tenderia a aumentar ao longo dos anos. Na visão de Prebisch, a constituição de um setor industrial dinâmico seria o principal, senão o único, meio de absorver a mão de obra excedente e, ao mesmo tempo, gerar e difundir o progresso técnico na economia.¹⁴ Tal hipótese foi amplamente divulgada e reforçada em estudos sobre a tese Prebisch-Singer na América Latina, de modo que todo o edifício teórico cepalino estava fundado na suposição de que a indústria seria o principal meio de elevar os níveis de produtividade.¹⁵

Essa visão foi refinada para diferenciar o papel da indústria tradicional – de baixa intensidade de capital, que dificilmente teria relevância na difusão e na geração de progresso técnico – daquele desempenhado pela indústria mais avançada, sobretudo a de bens de produção complexos, com maior aptidão para difundir essas inovações em toda a estrutura produtiva. Essa diferenciação mostra que a mera diversificação industrial não seria suficiente para alterar a posição periférica dos países da América Latina e ressalta a necessidade de investimentos em setores da indústria intensivos em capital e em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias.¹⁶

Independentemente desse refinamento, a suposição da existência de ritmos desiguais de geração e de incorporação de progresso técnico, bem como de incrementos de produtividade entre o centro e a periferia, se baseia na hipótese de que a produção primário-exportadora característica da periferia é limitada em termos de incorporação de progresso técnico e, por

12 “Ao contrário do que prometia a teoria das vantagens comparativas, durante o século XX a maior lentidão no progresso técnico dos produtos primários em relação aos industriais não estava motivando o encarecimento dos primeiros com relação aos últimos” (Bielchovisky, *op. cit.*, p. 21).

13 Ver nota 7 do cap. 1.

14 “[A industrialização] não é um fim em si mesma, mas o único jeito de que se dispõe para captar uma parte do fruto do progresso técnico e elevar progressivamente o nível de vida das massas” (Prebisch, 1949, p. 48).

15 “[C]onsidera-se [...] que os incrementos da produtividade do trabalho – consequência da incorporação do progresso técnico ao processo produtivo – são mais intensos na indústria do centro do que nos setores primário-exportadores da periferia, fato que, por sua vez, se reflete na disparidade dos ritmos de aumento das respectivas produtividades médias” (Rodríguez, *op. cit.*, p. 38).

16 Gurrieri, 1982.

consequente, de agregação de valor, o que restringe os efeitos de encadeamento das atividades exportadoras sobre outros setores produtivos.¹⁷

Essa hipótese ignora o imenso potencial do setor de recursos naturais para atuar como força motriz da incorporação do progresso técnico. As demandas tecnológicas do setor primário se manifestam de diferentes maneiras – na busca por uma maior produtividade da terra para plantio ou por extrair matérias-primas de minas de menor teor, por exemplo – e exercem um papel preponderante na direção e no ritmo do progresso técnico em diferentes áreas.

Além de avanços tecnológicos em métodos de produção, existe ainda uma ampla gama de inovações que contribuem para melhorar a qualidade e agregar valor ao produto final. Esses fatores não são relevantes apenas para elevar o potencial exportador, com aumento das margens e, por conseguinte, atenuação da tendência à deterioração dos termos de troca. Eles também têm um grande potencial de difusão tecnológica e de criação de encadeamentos intra e intersetoriais essenciais para a elevação da renda ao longo do tecido produtivo, muito além do setor exportador.¹⁸

Relegar a produção primário-exportadora a um papel inerte na geração e na incorporação de progresso técnico é negar as evidências históricas de países que lograram êxito em elevar os níveis de produtividade e de renda *per capita* por meio da geração de inovação e da difusão tecnológica, da elevação do valor agregado e da criação de encadeamentos intersetoriais dinâmicos a partir da indústria primária.

Conforme a discussão apresentada no capítulo 2, países como a Noruega, a Dinamarca, a Suécia, a Finlândia e o Canadá se contrapõem de modo muito claro às generalizações da teoria cepalina, em especial no que tange aos efeitos necessariamente negativos associados à dependência das economias da periferia de um setor primário-exportador. Segundo a teoria do comércio internacional de vantagens comparativas, o suposto maior incremento de produtividade da indústria deveria se refletir em uma deterioração dos termos de troca em favor dos produtos primários, e não contra eles, como a teoria da CEPAL procurou demonstrar.

17 Colistete, 2001. Ver seção *Análise dos resultados: exportações*, do cap. 7.

18 As análises apresentadas no cap. 6, *Estudo de patentes de setores avançados para o setor mineral*, corroboram esse potencial de difusão tecnológica. O cap. 7, *Impactos setoriais nas exportações e nos investimentos*, buscou demonstrar o potencial de encadeamentos intra e intersetoriais existente no setor de mineração.

Disparidade de elasticidades

Prebisch argumentava que o crescimento econômico das economias periféricas produz uma inerente e duradoura tendência ao desequilíbrio externo. Essa inclinação é originada pelo progresso técnico, que transforma as formas de produção e as demandas de bens e serviços, e pela forma como a população ativa se distribui para satisfazer essas novas demandas. O autor argentino já reconhecia, em 1951, uma crescente tendência ao que hoje é definido como *desmaterialização da produção*: o progresso técnico reduz ao longo do tempo a parcela que os produtos primários representam no valor dos produtos finais.

Segundo o autor, haveria três principais forças por trás desse fenômeno: (i) a geração incessante de novos produtos, que requerem matérias-primas mais complexas ou refinadas em seu processo produtivo, reduzindo o conteúdo relativo de matérias-primas primárias; (ii) as melhorias nos processos produtivos, que diminuem a demanda por matérias-primas, incluindo o reaproveitamento de subprodutos e coprodutos, que permite gerar uma quantidade maior de produto(s) final(is) com uma mesma quantidade de matéria-prima, e (iii) o crescente desenvolvimento de materiais sintéticos, que substituem as matérias-primas naturais.

Outros fatores intangíveis poderiam ser adicionados aos expostos por Prebisch, tais como *design* e marcas, além da crescente importância de serviços relacionados à manutenção e ao uso de produtos industrializados e das indústrias de baixíssimo conteúdo material, como a de *software*. Essa tendência à desmaterialização da produção se reflete nos padrões da demanda das economias industriais do centro, visto que implica um crescimento a taxas decrescentes da procura por bens primários, de modo que a elasticidade-renda da demanda¹⁹ por bens primários seja inferior à unidade no centro, resultando em um crescimento das importações desses bens em ritmo inferior ao da renda nacional.

O progresso técnico modifica os padrões de demanda, tanto no centro quanto na periferia. Se, por um lado, as inovações contribuem para um crescimento menos intenso da demanda por bens primários, por outro,

19 A elasticidade-renda da demanda expressa a variação relativa da demanda de determinado produto em decorrência de uma dada variação relativa da renda.

criam, ao mesmo tempo, alterações profundas no perfil de consumo da população. O desenvolvimento econômico é um processo de acumulação e de progresso técnico do qual resulta a elevação persistente dos níveis de produtividade do trabalho.

À medida que esses níveis aumentam, a demanda cresce e se diversifica, incorporando novos padrões de consumo e novas necessidades. Com isso, o perfil e a composição da demanda mudam conforme o nível de renda da população aumenta: a demanda de bens industriais e de serviços se eleva com maior intensidade do que a de bens primários. Rodriguez afirma que isso nada mais é do que uma expressão da Lei de Engel²⁰ e reconhece que tal fenômeno “é inerente ao processo de desenvolvimento da economia mundial, globalmente considerada”.²¹

Prebisch (1951) explica que a mudança no perfil da demanda se dá pela distribuição relativa de diferentes tipos de produtos na cesta de bens do consumidor-padrão. Uma vez atendidas as necessidades básicas de alimentação e de subsistência, os incrementos de renda tendem a ser direcionados ao consumo de bens industriais, frutos do progresso técnico. Uma miríade de novos produtos chegou aos consumidores ao longo dos últimos sessenta anos, em especial eletroeletrônicos (equipamentos de áudio-vídeo e de telecomunicações) e relacionados à indústria química (como medicamentos, produtos de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos). Além disso, o progresso técnico alcança os próprios produtos de alimentação e subsistência – com um avanço gradativo do conteúdo industrializado nos alimentos e nas vestimentas – e a aquisição de serviços (restaurantes, cabeleireiro e limpeza, entre outros).

As modificações no perfil de demanda se encadeiam com as alterações da oferta, criando um círculo perverso para as economias periféricas. Ao passo que a elasticidade-renda das importações de bens primários pelo centro é inferior à unidade, na periferia, a demanda de bens industriais tende a crescer com grande intensidade. Este processo é agravado, segundo

20 A Lei de Engel foi introduzida em 1957 pelo economista e estatístico alemão Ernst Engel e afirma a existência de três categorias de bens, as duas principais compostas por bens *normais*, e os *inferiores*. Quando a renda de um consumidor cresce, sua procura por bens inferiores decresce. Comumente, é apresentada em uma forma simplificada, na qual os bens inferiores são compostos por alimentos. Assim, quando a renda aumenta, a proporção destinada a alimentos se reduz mesmo que o dispêndio total em alimentos aumente.

Em outras palavras, a elasticidade-renda da demanda por alimentos é positiva, mas inferior à unidade.

21 Rodriguez, *op. cit.*, p. 141.

Prebisch (1949), pelo consumo prematuro, que reflete o padrão de renda das camadas superiores, incompatível com a renda média e com os padrões de produção e de acumulação existentes.

Dadas as condições de especialização desse tipo de economia e a consequente carência de oferta industrial interna (muito mais diversificada do que a produção pelo consumo conspícuo das camadas superiores), a demanda de importações industriais cresce num ritmo maior do que a renda. Em outras palavras, a elasticidade-renda das importações de bens industriais pela periferia é superior à unidade. No âmbito das relações entre o centro e a periferia, as modificações de estrutura inerentes à evolução da demanda se traduzem na disparidade das respectivas elasticidades-renda da demanda de importações.²²

A hipótese segundo a qual a demanda de bens industriais aumenta num ritmo maior do que a de bens primários à medida que crescem a demanda global e a renda (usualmente definida como *pressuposto da disparidade de elasticidades*) postula a existência de certas modificações na estrutura da demanda de bens e de serviços que necessariamente acompanham sua evolução, em qualquer processo de desenvolvimento. Esse pressuposto apresenta a deterioração dos termos de troca como fator inerente à dinâmica evolutiva do sistema econômico e dos mercados. O fato de a demanda por bens primários crescer em ritmo inferior à dos bens industriais e dos serviços não é uma questão arbitrária, pelo contrário: constitui uma das peculiaridades estruturais da evolução de qualquer sistema econômico baseado no mercado e na competição.

Esse componente estrutural está vinculado à deterioração dos termos de troca pela mudança na composição setorial do emprego. Como visto, o crescimento da demanda por bens industriais e serviços é atendido por incrementos na produtividade mediante uma mudança na composição setorial da produção e do emprego. A produção e a ocupação, por conseguinte, devem crescer a taxas mais altas nos setores secundário e terciário para que a demanda adicional criada pelo crescimento da renda seja atendida. À medida que os desajustes do emprego vão sendo corrigidos no tecido produtivo da periferia, pela transferência de mão de obra de setores atrasados para o setor exportador ou do setor exportador para outros setores modernos

22 *Idem, ibidem.*

incipientes (inclusive industriais), incorporam-se inovações técnicas que tornam a incidir – de maneira negativa – sobre as necessidades de trabalho.

Em linhas gerais, essas necessidades tendem a crescer em ritmo mais lento do que o da oferta de trabalho, que tem sua origem no crescimento vegetativo da população e nos deslocamentos produzidos pela introdução de técnicas novas nos setores atrasados.²³ Isso ajudaria a explicar o excedente estrutural de mão de obra, assim como o inchaço de um setor de serviços precário e de baixa produtividade. De acordo com a teoria da CEPAL, a geração contínua de excedente de mão de obra é a causa fundamental da deterioração dos termos de troca, porque esse excedente exerce uma pressão constante sobre os salários pagos na produção primária de exportação e, por conseguinte, sobre os preços dessa produção.

Os mercados de empresas e de trabalho são oligopolizados na produção industrial em maior grau do que na produção primária

Prebisch também relacionou a deterioração dos termos de troca dos produtos primários aos diferentes impactos que os ciclos econômicos, de crescimento e retração da produção, tinham sobre os países centrais e periféricos. Os períodos de expansão, quando havia excesso de procura em relação à oferta, eram acompanhados de aumentos nos preços dos produtos, nos lucros dos empresários e na pressão dos trabalhadores organizados por salários mais altos. Esse benefício era estendido aos produtores de recursos naturais, cujos preços tendiam a subir mais do que no centro, em virtude do tempo necessário para aumentar a produção e recompor os estoques.

Em contrapartida, na fase decrescente do ciclo econômico, os preços das matérias-primas caíam com mais intensidade do que os dos produtos acabados – e de modo desproporcional aos ganhos obtidos no ciclo anterior. A explicação para tal fato está nas características dos mercados de produtos e de trabalho nos países centrais, que favorecem a apropriação de parte do progresso técnico obtido pela produção primária periférica, por meio do aumento da remuneração dos fatores de produção (lucros e salários) pelos países industrializados.

23 *Idem, ibidem.*

Os mercados oligopolizados na produção industrial criam condições favoráveis à proteção dos lucros, se comparados aos mercados atomizados produtores de bens primários. Esses mercados são tidos como *tomadores de preço*, uma vez que não são capazes de fixar por si mesmos o preço de seus produtos, mas são obrigados a tomar o preço dado pela interação entre a oferta e a demanda global. Além disso, o maior nível de homogeneidade dos produtos primários atua como limitante adicional da manutenção de margens elevadas quando a demanda diminui. Isso não acontece com os produtos industriais, passíveis de diferenciação e de fidelização por meio de suas características de qualidade e de desempenho, que são reforçadas por campanhas de publicidade.

Como visto, a demanda por bens primários é dependente da produção de bens industriais, e os países periféricos são os principais fornecedores de matérias-primas para a indústria dos países centrais. Assim, os produtores de bens industriais, em momentos de crise, podem pressionar aqueles que os precedem na cadeia de produção, causando a queda dos preços dos produtos primários que adquirem. Essa redução dos preços resulta no declínio tanto dos lucros quanto dos salários na periferia, contribuindo para a manutenção das margens de lucratividade no centro.

A organização sindical da força de trabalho e a escassez relativa de mão de obra no centro não apenas contribuem para que ocorram aumentos salariais durante a expansão econômica, mas também criam certa rigidez nos salários, evitando sua compressão nos momentos de crise. De maneira análoga, a desorganização característica da força de trabalho nos países periféricos, sobretudo na agricultura, torna mais difícil obter aumentos de salário nos mesmos níveis dos países industriais ou de mantê-los no mesmo patamar com a mesma efetividade. A compressão das remunerações – sejam benefícios, sejam salários – é, portanto, mais fácil na periferia, o que reforça a pressão que os empresários do centro exercem em seus fornecedores de bens primários.

Essa pressão sobre a periferia se dá com muito mais força do que aquela que seria exercida naturalmente se os salários e os benefícios do centro não fossem rígidos em virtude das limitações da concorrência. Por conseguinte, quanto maior for a capacidade dos trabalhadores no centro de defender suas remunerações, tanto mais os empresários terão que comprimi-los na periferia. Isso explicaria por que as remunerações no centro tendem a subir

com mais força e de forma mais persistente do que nos países da periferia, fato comprovado na experiência da América Latina.

Em conjunto com a organização sindical precária, o excesso de mão de obra disponível na periferia torna o cenário ainda mais agudo. Conforme mencionado, o progresso técnico tende a reduzir a população ocupada na produção primária, que não é absorvida nem pela indústria local (que não cresce a taxas condizentes) nem pela indústria do centro (por conta de limitações no fluxo internacional de trabalho). Configura-se, dessa forma, “uma relativa abundância de potencial humano nas atividades primárias, que tende a pressionar continuamente os salários e os preços dos produtos primários e impede assim que a periferia partilhe com os centros industriais os frutos do progresso técnico conseguido por estes. Mais ainda, impede-a de reter parte dos frutos de seu próprio progresso técnico”²⁴.

A conjugação desses fatores contribui para que, em momentos de crise, o preço dos produtos primários sofra uma redução mais acentuada do que a observada nos produtos industriais. Em última instância, o fenômeno da deterioração dos termos de troca se explica pela morosidade na absorção do excesso – real ou potencial – da população ativa dedicada às atividades primárias pelo desenvolvimento industrial do mundo. Esse é o principal mecanismo pelo qual os grandes centros industriais retêm integralmente o fruto do progresso técnico gerado por suas atividades industriais e se apropriam de uma parte do progresso técnico da periferia.

Implicações da tese Prebisch-Singer para as políticas públicas

A influência da teoria cepalina no pensamento econômico latino-americano ultrapassou os limites da academia e teve uma ampla aplicação por formuladores de políticas públicas em todo o continente, sobretudo no que se refere ao modelo de industrialização marcado pela substituição de importações. O termo foi cunhado por Raúl Prebisch em 1944, mas

24 CEPAL, 1950, pp. 11-12.

pouco desenvolvido então.²⁵ Ao longo dos anos 1950 e 1960, diversos autores da corrente cepalina – incluindo o próprio Prebisch, Celso Furtado, Aníbal Pinto e Maria da Conceição Tavares – aprofundaram o conceito de substituição das exportações como elemento-chave para a superação da tendência estrutural ao desequilíbrio externo dos países exportadores de recursos naturais.

A razão para esse desequilíbrio reside no já exposto postulado da disparidade das elasticidades entre o centro e a periferia. A demanda de bens primários – que consiste em grande medida nas importações dos países centrais, ou seja, nas exportações da periferia – possui elasticidade menor do que a unidade. Por outro lado, a demanda de bens industriais, atendida na periferia por importações dos países centrais, tem elasticidade superior à unidade. Dessa forma, conforme a renda global aumenta, as importações dos países periféricos tendem a crescer em ritmo mais elevado do que suas exportações, levando a um déficit na sua balança comercial.

Para evitar o desequilíbrio externo, é preciso que os países periféricos produzam internamente parte dos bens cuja demanda acelerada é atendida por importações. A industrialização se faz necessária, portanto, para que o crescimento econômico dos países periféricos não seja limitado pelo ritmo de crescimento dos países centrais.²⁶ E esse processo, de acordo com a teoria cepalina, “(...) deverá realizar-se necessariamente pelo caminho da substituição das importações”.²⁷

No Brasil, o conceito foi aprofundado por Maria da Conceição Tavares (1964). Em seu argumento, ela aponta que o problema do alto peso relativo do setor externo nas economias periféricas era o fato de o setor exportador de bens primários ser o centro dinâmico da economia, baseada em dois aspectos básicos das economias primário-exportadoras: (i) as exportações são uma variável determinada externamente pela demanda dos países centrais, responsável pela geração de uma importante parcela da renda nacional e pelo seu crescimento, e (ii) as importações são uma fonte de suprimento dos vários bens e serviços necessários ao atendimento de parte considerável da demanda interna.

25 Couto, 2007.

26 Ver nota 14.

27 Rodriguez, *op. cit.*, p. 73.

Dessa forma, o crescimento econômico era condicionado pelo comportamento da demanda internacional por produtos primários. Nas economias desenvolvidas, entretanto, não era possível distinguir um setor claramente exportador, pois os bens industriais produzidos eram destinados tanto ao mercado interno quanto ao mercado externo. Ao contrário do que ocorreu nos países da América Latina, a especialização para atender o mercado externo nos centros industriais tomou o caminho da diferenciação de produtos e não da criação de setores inteiramente voltados à exportação.

No plano teórico, o processo de industrialização baseado na substituição de importações deveria ser capaz de promover três vetores dinâmicos nas economias da América Latina: (i) ampliação do mercado interno; (ii) homogeneização do sistema produtivo, e (iii) disseminação do progresso técnico. O novo modelo de desenvolvimento para o continente não significava o desmantelamento do setor primário. Ao contrário: era preciso que esse setor continuasse apresentando níveis elevados de produtividade e de competitividade internacional, dado seu potencial de investimento, de formação de poupança e de obtenção de divisas por meio de exportações, necessárias à homogeneização das produtividades entre os setores e ao financiamento de importações essenciais.

Algumas interpretações equivocadas, contudo, foram formuladas na tentativa de fomentar o desenvolvimento desses três vetores, especialmente em relação ao setor primário-exportador. No plano prático, a obsessão política pela industrialização se traduziu na busca por elevar a qualquer custo os indicadores de produção industrial da economia (aumentando, por exemplo, a participação da indústria no PIB). Não houve cuidado para que esse avanço fosse acompanhado pela capacidade exportadora da indústria, que, em última instância, estaria associada à eficiência e à capacidade de diferenciação da indústria manufatureira.

A apropriação dos benefícios do progresso técnico, pela qual os países centrais tenderiam a ampliar o hiato de renda em relação à periferia, é determinada pela capacidade de criar e direcionar o progresso técnico, e não na capacidade produtiva instalada *per se*. O fator decisivo para o aprofundamento do processo de industrialização das economias latino-americanas não foi a mudança da pauta de exportações, mas a alteração na composição das importações, aumentando o peso dos bens de capital e dos insumos básicos frente aos bens não essenciais.

O papel relegado ao setor primário foi o de provedor de divisas para financiar o processo de substituição de importações de bens de consumo duráveis e não duráveis e, em extensão muito mais reduzida, de setores intensivos em capital e conhecimento. O próprio Prebisch reconhecia que manter um setor primário exportador eficiente era importante para aumentar a capacidade de importação das máquinas e equipamentos indispensáveis ao processo de industrialização.²⁸

O objetivo de substituir a importação de bens de capital sempre estava vinculado às necessidades da indústria manufatureira. Não houve menção explícita à substituição de importações de insumos, máquinas e equipamentos para tornar o setor primário mais eficiente, nem pelos economistas teóricos mais influentes nem pelos formuladores de políticas públicas. Com isso, foi negligenciado o potencial para atender às demandas tecnológicas do setor primário, que, por sua vez, exigia o desenvolvimento de métodos, técnicas e tecnologias apropriadas ao contexto latino-americano e não apenas adaptações de menor complexidade de tecnologia estrangeira – como foi observado no desenvolvimento de diferentes indústrias na região.²⁹

Fichet (1991) argumentou que a política industrial dos países da América Latina deveria ser orientada para setores maduros e intensivos em capital, tais como o químico-industrial, o de maquinaria e o de equipamentos de transporte, em virtude dos efeitos que essas atividades exercem sobre o restante da matriz produtiva. Dessa forma, poderia ser alcançado o terceiro vetor dinâmico: a disseminação do progresso técnico para outros setores da economia, que teria como ponto de partida os setores industriais capazes de atender às demandas tecnológicas de outros ramos da própria indústria manufatureira, mesmo quando tais demandas não existissem.

A experiência dos países nórdicos, do Canadá e da Austrália³⁰ caminhou em direção completamente distinta: os setores de insumos e de bens de

28 “A industrialização da América Latina não é incompatível com o desenvolvimento eficaz da produção primária. Pelo contrário, uma das condições essenciais para que o desenvolvimento da indústria possa cumprir o fim social de elevar o nível de vida é dispor dos melhores equipamentos de maquinaria e instrumentos e aproveitar prontamente o progresso da técnica em sua regular renovação. (...) Necessitamos de uma considerável importação de bens de capital e, também, necessitamos exportar produtos primários para conseguí-la” (Prebisch, 1949, pp. 48-49).

29 Ver seção *Trajatória da C&T brasileira na mineração*, do cap. 5.

30 Ver seção *Experiências históricas das relações entre mineração e fornecedores de soluções*, do cap. 2.

capital ganharam musculatura a partir do desenvolvimento de soluções para o setor primário-exportador. Baseadas em tecnologias de uso genérico (mecânica, química, eletrônica), às empresas foram se tornando, aos poucos, capazes de atender à demanda do mercado externo e de desenvolver avanços para outros setores.

Principais críticas à tese Prebisch-Singer

Embora tenham alcançado uma posição hegemônica no debate sobre o desenvolvimento a partir dos anos 1950, as ideias defendidas por Prebisch e Singer também enfrentaram críticas. Economistas contemporâneos da formulação Prebisch-Singer³¹ apontaram problemas metodológicos no que consideravam uma generalização: os autores haviam desenvolvido sua teoria com base na evolução do comércio exterior britânico entre 1876 e 1947, que revelara uma tendência favorável aos termos de troca da principal potência industrial da época em detrimento dos países periféricos, que lhe exportavam matérias-primas.

A primeira crítica era a de que os termos de troca da economia britânica não representavam o conjunto dos países industrializados, de modo que os resultados, apresentados como universais, poderiam refletir apenas a realidade de um caso específico. As economias centrais da época também eram grandes exportadoras de produtos primários, razão pela qual os detratores da tese Prebisch-Singer consideravam que a simples relação inversa dos termos de troca do Reino Unido não era uma boa medida para o preço médio relativo das *commodities* em nível global. Além disso, o valor das exportações britânicas não contabilizava os custos de transporte, que, por sua vez, estavam embutidos nos preços de importação.³² Assim, a expressiva queda desses custos durante o período averiguado teria superdimensionado

31 Por exemplo, Viner (1953), Baldwin (1955), Ellsworth (1956), Kindleberger (1956), Meier & Baldwin (1957), Haberler (1959), Morgan (1959), Meier (1963), Lipsey (1963), Hyde (1963) e Johnson (1967).

32 Os preços de exportação geralmente são calculados na base *free on board* (FOB), e os de importação, na base *cost, insurance and freight* (CIF). Na modalidade FOB, o exportador se responsabiliza pelos custos de transporte e pelo seguro da carga somente até ela ser embarcada no navio, quando o importador se torna responsável por tais custos. Na modalidade CIF, o exportador é responsável pelos custos de transporte e seguro até que o bem chegue ao porto de destino.

a melhora dos termos de troca dos produtos industrializados e a queda dos preços relativos dos produtos primários.

Estudos elaborados a partir do fim dos anos 1980 demonstram que os preços relativos dos produtos primários caíram de fato ao longo do século XX, mas não comprovam a existência de uma tendência contínua de queda.³³ Diferentes autores³⁴ atribuem a deterioração dos termos de troca dos recursos naturais observada no período a duas quedas acentuadas e localizadas no tempo – nas décadas de 1920 e 1970-1980, em consequência de rupturas econômicas. Além disso, os exportadores de produtos primários observaram uma expressiva apreciação de seus termos de troca por quase seis décadas, entre meados dos anos 1860 e os anos 1920.³⁵ Desse modo, o comportamento passado dos preços parece oferecer poucas pistas sobre a tendência futura, ao contrário do que a tese Prebisch-Singer sugere.

O pressuposto de que os ganhos de produtividade no setor primário são inferiores aos obtidos pela indústria também foi posto em xeque. Com base em informações sobre valor adicionado, capital físico, mão de obra e uso da terra de um conjunto de cinquenta países, Martin & Mitra (2004) encontraram evidências de que, entre 1967 e 1992, a agricultura experimentou taxas mais elevadas de progresso técnico do que a indústria de transformação. Também é preciso observar que a economia dos anos 1940 e 1950, que ofereceu a Prebisch e a Singer os elementos para a formulação de sua crítica à especialização em recursos naturais, não é a mesma de hoje. Novos paradigmas técnicos emergiram, e os processos de globalização e de *commoditização* da produção industrial criaram condições para que os preços relativos dos produtos manufaturados caíssem de maneira significativa a partir dos anos 1990.

Ao mesmo tempo, o forte crescimento econômico de países em desenvolvimento, como a China (em consequência direta das novas formas de organização da produção), fez crescer a demanda global por produtos primários, que se valorizaram em termos relativos. Tal demanda é altamente material, pois atende às necessidades de países que ainda estão em uma

33 Por exemplo, Grilli & Yang (1988) e Bleaney & Greenaway (1993)

34 Por exemplo, Grilli & Yang (*op. cit.*), Cuddington & Urzúa (1989) e Cuddington, Ludema & Jayasuriya (2007).

35 Ver seção *Os superciclos de preços*, do cap. 8.

fase anterior de desenvolvimento, ou seja, às necessidades de consumo mais básicas, que vão de alimentação e habitação à consolidação de uma infraestrutura nacional.³⁶

Por outro lado, há um crescimento da produção e do consumo imaterial, que assume características mais drásticas no presente. Vivencia-se uma explosão do consumo de *smartphones*, *tablets* e outros produtos eletrônicos de reduzido conteúdo material e elevado valor intangível. Esse valor é fruto não apenas do preço elevado que um produto inovador pode assumir pela falta de concorrentes, mas também do valor atribuído pelos consumidores ao *design* e à marca de determinadas mercadorias. Sem falar na ampla gama de serviços modernos cujo consumo resulta em uma baixíssima demanda de bens primários. Essa categoria inclui serviços relacionados ao mercado financeiro ou à saúde (baseada em insumos de alta tecnologia e pouca materialidade) e serviços associados a um padrão de consumo elevado, como dispêndios com cultura e lazer.

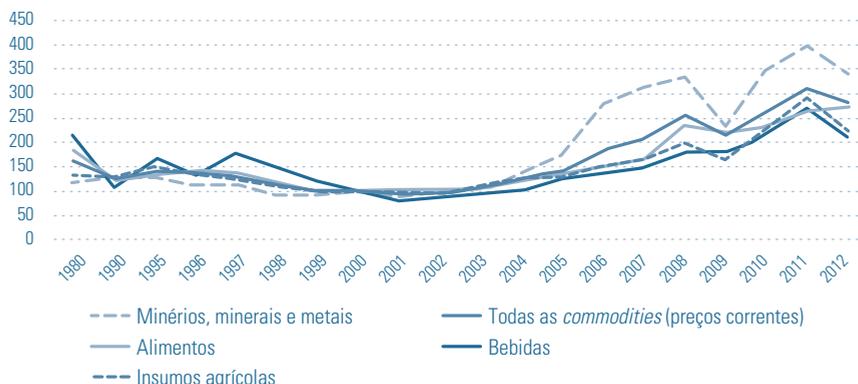
Aparentemente, a força do crescimento do consumo material alavancado pela demanda por recursos naturais em países em desenvolvimento tem sido mais intensa do que a representada pela produção e pelo consumo imaterial. Tal fator é um dos componentes da inversão da relação de preços entre os bens manufaturados e os bens primários verificada na última década.

Inversão da tendência de deterioração dos termos de troca

A partir do início dos anos 2000, os preços de grupos de *commodities* diversos têm apresentado tendência de alta, situando-se, em geral, acima do pico observado em meados da década de 1990, como mostra o gráfico 2, na página seguinte. Esse fenômeno tem sido um fator preponderante no crescimento econômico de muitos países exportadores de recursos naturais e tem motivado um intenso debate sobre suas causas e, sobretudo, sobre sua duração, em diferentes esferas acadêmicas e políticas.

³⁶ Ver seção *O superciclo chinês*, do cap. 8.

Gráfico 2 – Preço das *commodities**



* Valores correntes (2000 = 100)

Fonte: UNCTADstat

A principal causa da grande elevação no preço das *commodities* está no crescimento acelerado da demanda por esses bens em países de grande contingente populacional e de rápido e expressivo crescimento econômico, em especial a China e a Índia.³⁷ Como visto, o crescimento desses países nas primeiras décadas do século XXI tem motivado o uso intenso de energia e de matérias-primas para desenvolver infraestrutura (portos, rodovias, telecomunicações, eletricidade, sistemas de água e esgoto) e urbanização – dado o elevado número de famílias que se movem de regiões agrícolas para as cidades – e também impulsiona o processo de industrialização.

A velocidade do crescimento da demanda por recursos naturais tem sido de tal magnitude que a oferta não consegue acompanhá-la. O hiato entre a oferta e a demanda foi reforçado nos anos 1990 pelo baixo investimento de setores como o de mineração e o de óleo e gás na renovação de sua capacidade produtiva, justificado pelos preços relativamente baixos dessas *commodities* no período. Embora os investimentos em exploração e em capacidade produtiva adicional tenham crescido de forma substancial na metade da década passada, ainda existem diversos obstáculos geológicos e tecnológicos que precisam ser superados, além do longo período de maturação inerente a tais projetos. Esses fatores enfraquecem a resposta da

37 Ver seção *O superciclo chinês*, do cap. 8.

oferta, reforçando sua incapacidade de responder aos sucessivos aumentos da demanda.

De acordo com relatório da Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD, na sigla em inglês), apenas o grupo de *commodities* referente a minerais e metais apresentava preços reais mais elevados em 2007 do que o pico observado na década de 1970 – último *boom* no preço internacional dos recursos naturais.³⁸ A ciclicidade típica dos preços das *commodities* poderia levar à conclusão de que, ao longo dos anos, a oferta e a demanda irão se ajustar, gerando uma nova queda nos preços, que atingiriam parâmetros normais de mercado. Se isso acontecesse, as teses cepalinas estariam mais uma vez comprovadas. No entanto, alguns fatores estruturais lançam dúvida sobre a possibilidade de tal ajuste ocorrer e, na eventualidade de que ele aconteça, quando será observado.

O primeiro fator é a demanda por recursos naturais em países de enorme contingente populacional, comentada no capítulo 8, que não dá mostras de arrefecer no médio prazo. Pelo contrário, há ainda um grande contingente da população vivendo em regiões agrícolas, que tende a mudar para as cidades. Essa mudança no perfil populacional é impulsionada pela difusão dos padrões urbanos entre integrantes de famílias rurais que migram para as cidades e pelo aumento da demanda por trabalho nessas áreas.

Isso se traduz em um crescimento econômico de elevado conteúdo material, uma vez que está alicerçado na construção de residências, fábricas, usinas para geração de eletricidade, ferrovias, portos, aeroportos e outros elementos de infraestrutura. Esse contingente é grande o suficiente para fazer a demanda aumentar em saltos significativos, que a oferta não é capaz de acompanhar: quando os investimentos entram em operação, a demanda já voltou a alcançar um nível bastante superior.

O segundo fator é a dificuldade de obtenção de novas fontes de recursos naturais, sobretudo no caso de combustíveis fósseis e de minerais e metais. A identificação de novas reservas, bem como sua futura exploração, depende, muitas vezes, do desenvolvimento de inovações tecnológicas. O mesmo argumento é válido para reservas de difícil acesso ou de baixa gradação relativa.³⁹ A exploração economicamente viável dessas reservas não

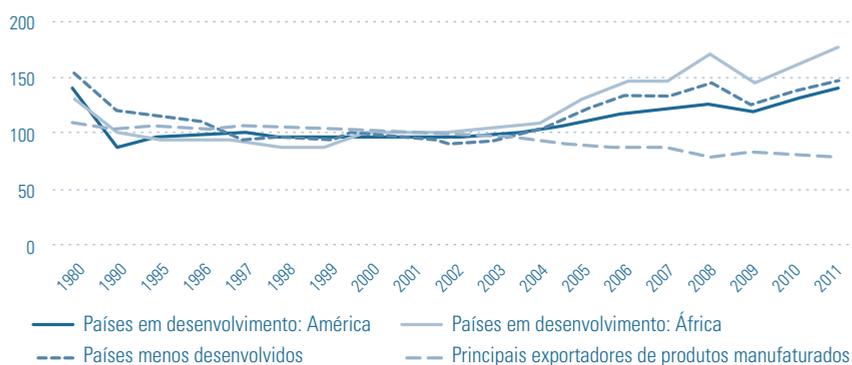
38 UNCTAD, 2008. Ver seção *Os superciclos de preços*, do cap. 8.

39 Ver seção introdutória do cap. 1.

está disponível de pronto, tornando a resposta da oferta ainda mais fraca, o que causa uma tendência de elevação contínua dos preços enquanto a demanda se mantiver crescente.

Caso essa tendência de alta nos preços das *commodities* se sustente, a revisão da hipótese de tendência de desvalorização dos termos de troca no longo prazo estará em pauta para os países exportadores de produtos primários. Conforme mostra o gráfico 3, há uma mudança significativa na tendência de evolução dos termos de troca desde o início do presente século. É importante ressaltar que a alta dos preços das *commodities* é apenas uma parte da história por trás dessa inversão: muitos produtos manufaturados têm apresentado tendência de queda de preço. Isso é especialmente verdade para os produtos manufaturados baseados em produção de larga escala em países com baixo custo de mão de obra, embora esse atributo venha perdendo importância com o encarecimento do trabalho e com o avanço das tecnologias.

Gráfico 3 – Evolução dos termos de troca*



* (2000 = 100)

Fonte: UNCTADstat

Os países africanos foram os que apresentaram maior crescimento na relação dos termos de troca durante a última década. No entanto, a situação é bastante heterogênea dentro do continente, uma vez que os exportadores de petróleo e de minérios respondem por maior parte do ganho. Países da África subsaariana, por exemplo – dependentes da importação de alimentos –,

apresentaram um comportamento desfavorável dos termos de troca no mesmo período.

A América Latina e o Caribe apresentaram uma evolução favorável dos termos de troca, sendo que a América do Sul se beneficiou mais do que o restante do continente. Os países em desenvolvimento exportadores de produtos manufaturados têm sofrido perdas, pois, além de exportar produtos com preços cadentes, são importadores líquidos de recursos primários – sobretudo de energia e de alimentos.

Embora seja inegável que o *boom* das *commodities* e a consequente reversão dos termos de troca na primeira década do século XXI proporcionaram importantes progressos socioeconômicos aos países exportadores líquidos desses produtos, ainda se questiona sua sustentabilidade no longo prazo. A raiz dessa discussão está na natureza cíclica dos preços, que é, por sua vez, um dos elementos-chave da tendência de depreciação dos termos de troca dos recursos naturais no longo prazo. No entanto, argumenta-se que a bonança observada no presente tornará o impacto negativo da reversão natural dos termos de intercâmbio ainda mais perverso para os países exportadores de *commodities* primárias.

Esse argumento está baseado no fenômeno conhecido na literatura econômica como *doença holandesa*⁴⁰: um *boom* nas exportações de recursos naturais pode induzir uma valorização excessiva da taxa de câmbio, pela entrada massiva de moeda estrangeira, reduzindo o nível de competitividade de outras atividades econômicas no país. A estrutura produtiva, por consequência, perde em diversificação, e países com uma já elevada concentração das exportações em setores baseados em recursos naturais se tornariam ainda mais especializados. Esse fenômeno, quando observado na América Latina, costuma receber o nome de *reprimarização da pauta exportadora*.⁴¹

40 Ver nota 6 do cap. 4.

41 “En efecto, los países beneficiados por el auge de los productos básicos son muy sensibles a una reversión de la tendencia de los términos de intercambio. Sin embargo, aunque persistieran estas condiciones favorables en el contexto externo, hay motivos para preocuparse por las tendencias en la estructura productiva, en particular la reprimarización de la especialización exportadora. La experiencia histórica indica que la especialización tanto en ensamblaje de bajo valor agregado como en productos primarios está asociada a trayectorias poco dinámicas de la productividad, el empleo y el crecimiento económico de largo plazo. Es necesario evaluar los beneficios de corto plazo de este tipo de especialización productiva frente al costo que conlleva en el largo plazo” (CEPAL, 2012, pp. 25-26).

Por mais que se reconheça a relevância e a pertinência dos argumentos baseados nos estudos cepalinos, eles exemplificam a permanência e a resistência de ideias formuladas em um período que não condiz nem com a conjuntura econômica capitalista no início do século XXI nem com a estrutura que tal sistema adquiriu nos mais de cinquenta anos após a formulação da tese Prebisch-Singer.

Uma abordagem alternativa: desenvolvimento apoiado em indústrias intensivas em recursos naturais

É possível que o presente fenômeno de valorização dos termos de troca signifique uma exceção transitória, cuja duração será limitada, em última instância, pela extensão do crescimento da demanda de países em desenvolvimento com grande população. Esse fenômeno precisa ser encarado como uma janela de oportunidade para os países ricos em recursos naturais assegurarem de modo duradouro e sustentável os efeitos positivos dessa bonança sobre as suas economias, desenvolvendo configurações produtivas capazes de elevar o nível de vida de suas populações.

No entanto, para que isso ocorra, é preciso abrir espaço para incorporar novas ideias ao pensamento econômico latino-americano, mais condizentes com os acontecimentos do presente. Obviamente, tal missão está longe de ser trivial. Como reconheceu John Maynard Keynes, “a dificuldade não está nas novas ideias, mas em escapar das velhas, que se ramificam, para aqueles que foram criados, como a maioria de nós foi, por todos os cantos de nossas mentes”.⁴²

Durante décadas, prevaleceu o paradigma da busca incessante pela indústria *per se*, negligenciando as potenciais contribuições do setor de bens primários e, sobretudo, sua articulação com novos vetores de desenvolvimento industrial e de serviços avançados, dinamizadores da produtividade e da inovação. Ideias e comportamentos antigos e profundamente enraizados não costumam mudar da noite para o dia. Pelo contrário, quando dão lugar ao novo, a mudança tende a ocorrer de maneira lenta

42 Keynes, 1935, p. 29.

e gradual. Como afirmou o próprio Prebisch: “Em matéria econômica, as ideologias costumam seguir, com atraso, os acontecimentos ou sobreviver-lhes demasiadamente”.⁴³

Porém, o tempo urge, e as oportunidades existentes no presente podem não durar para sempre. O próprio movimento de preços em desfavor dos países em desenvolvimento exportadores de produtos manufaturados deveria servir para alertar os formuladores de políticas públicas. Está cada vez mais claro que a apropriação dos benefícios do progresso técnico não depende *do que* é produzido, mas de *como* se produz, argumento que foi reiterado ao longo deste livro. Atualmente, existe, em alguns países da América Latina, uma grande preocupação com o aumento da participação dos recursos naturais na pauta de exportações. Entretanto, é preciso relativizar as ideias enraizadas em concepções que não condizem com a atual ordem mundial e incorporar uma nova interpretação que possa aproveitar melhor essa janela de oportunidade.

Em primeiro lugar, caso a tendência de valorização dos termos de troca se mantenha no longo prazo, não haveria vantagem econômica na industrialização, de acordo com a tese Prebisch-Singer. O economista argentino reconhece que, nesse cenário, os países periféricos especializados em produtos primários que perseguissem a industrialização perderiam renda enquanto não fossem capazes de alcançar os níveis de produtividade dos países centrais, cuja indústria se encontra em estágio bem mais avançado.⁴⁴

Em segundo, caso tal fenômeno seja de fato algo excepcional (dando lugar à tendência de deterioração dos termos de troca no longo prazo, em um futuro mais ou menos distante), não está claro como a busca pela industrialização servirá para elevar ao máximo o potencial de benefício que os países ricos em recursos naturais podem obter. Em muitos setores industriais, as escalas mudaram para níveis que não mais se justificariam nos planos nacionais, mesmo de países de dimensões importantes, como a Alemanha, os EUA e o Japão. Os processos e as unidades industriais passaram a ser pensadas em escala planetária. Isso coloca restrições evidentes à produção em bases nacionais e desafia, sobretudo, os países com setores industriais voltados para dentro.

43 Prebisch, 1949, p. 47.

44 *Idem, ibidem.*



A transição para a economia de serviços avançados dos grandes países industriais deu um novo alento à indústria, que sobreviveu, e mesmo às empresas que se viram obrigadas ao deslocamento para bases de produção de custos menores, como o México e a China. O vínculo dessa manufatura, ainda que deslocada, com os serviços industriais modernos, a pesquisa e o desenvolvimento, a criação de marcas e os canais de comercialização integrados assegura que a desindustrialização (tal como medida: a fatia da indústria no PIB) tenha efeitos limitados. Mas na maioria dos setores, os produtos estão crescentemente sujeitos a escalas de produção (individuais e coletivas) de dimensões superiores à de qualquer país e, por isso mesmo, deverão apresentar tendências de preços declinantes. Essa é mais uma razão pela qual a integração dos recursos naturais ao modelo de desenvolvimento deveria ser uma prioridade.



Ao longo deste livro, foram ressaltados exemplos de países que alcançaram um elevado nível de renda *per capita* partindo de uma base forte de recursos naturais. A diversificação da pauta exportadora rumo a diferentes campos da indústria de transformação foi parte importante desse processo. No entanto, isso não significa que houve uma escolha entre promover os setores modernos em detrimento dos atrasados. Pelo contrário, as condições econômicas e sociais e as políticas nacionais vigentes permitiram que os esforços de diversificação econômico-industrial fortalecessem os setores baseados em recursos minerais.

Com suas demandas por conhecimentos científicos e tecnológicos, que acabaram permitindo novos usos para seus produtos, esses setores reforçaram o ciclo de crescimento das economias de seus países. Um olhar menos atento para a matriz produtiva dessas nações no presente pode não mostrar o profundo enraizamento que as relações intersetoriais, sobretudo entre as indústrias de transformação e as de recursos naturais, exerceram ao longo do tempo. Os desdobramentos e transbordamentos das capacidades de produção eficientes nas atividades de recursos naturais não deveriam ser subestimados.

A experiência histórica mostra que é preciso pensar em uma abordagem alternativa que consiga conciliar o crescimento do setor primário e a capacidade local de promover e de se apropriar do progresso técnico, seja na indústria,

seja na produção primária. O enfoque das economias latino-americanas no fomento de setores considerados chave levou os formuladores de política a subestimar as possibilidades dos recursos naturais, o que, possivelmente, se justificava pelo *pessimismo exportador*⁴⁵.

A política de industrialização baseada na substituição de importações foi crucial para a diversificação da estrutura produtiva dos países da América Latina. Economias como a brasileira, que contam com uma diversificação da matriz industrial aliada à farta dotação de recursos naturais (sobretudo os minerais), têm uma condição bastante favorável à exploração dos encaamentos entre os setores de produtos básicos e a atividade manufatureira.

A conjugação entre uma estrutura industrial diversificada e uma mentalidade empresarial aberta facilita a incorporação de inovações tecnológicas e a agregação de valor aos produtos primários, reforçando a contribuição do setor primário-exportador para o crescimento da economia. Os vínculos entre o setor exportador e os demais não dependem apenas das relações de produção, expressas pelos coeficientes técnicos a partir das relações de insumo-produto, mas também do papel que o setor primário pode desempenhar se forem asseguradas diretrizes de política econômica voltadas para o desenvolvimento.

O setor primário deveria servir de base para estabelecer atividades que permitam aos países em desenvolvimento combinar a competitividade internacional baseada em recursos naturais com a industrialização. A indústria, por seu lado, deverá ter bases competitivas adequadas ao mundo contemporâneo e às suas realidades inescapáveis. Isso exige uma dinâmica entre os setores primário, secundário e terciário que aproveite as competências existentes e, sobre elas, crie novas. Um dos caminhos mais promissores para o desenvolvimento brasileiro envolve o desafio da valorização dos seus recursos.

45 A crença, lastreada em evidências válidas à época, de que a demanda pelos recursos naturais era insuficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACIL TASMAN. *Northern Australia transport infrastructure study*. Sydney: Northern Territory Government (Department of Primary Industry, Fisheries and Mines), 2005.
- ALBAVERA, F., ORTIZ, G. & MOUSSA, N. *Mining in Latin America in the late 1990s*. Santiago de Chile: CEPAL (Natural Resources and Infrastructure Division), 2001.
- ALDAGHEIRI, M. & BRADSHAW, M. Promoting economic diversification by the relationship between the minerals sector and transport infrastructure in Saudi Arabia. *In: Urban Transport, XII (Urban Transport and the Environment in the 21st Century)*. Ashurst: Wessex Institute of Technology, 2006.
- ALVES, J.J.A. Projetos dominantes de siderurgia e mineração: símbolos e pilares de modernização e progresso – Brasil (1889-1945). *In: VARGAS, M. (org.). História da técnica e da tecnologia no Brasil*. São Paulo: Editora da UNESP, 1994.
- ANDERSON, D.L. Mineral subsidies: a Canadian perspective. *In: Resources Policy*, 15 (1). Amsterdam: Elsevier, 1989.
- ANDRADE, J.G. Investimentos em pesquisa geológica. *In: FERNANDES, F.R.C., MATOS, G.M.M., CASTILHOS, Z.C. & LUZ, A.B. (eds.) Tendências tecnológicas Brasil 2015: geociências e tecnologia mineral*. Rio de Janeiro: SGB (CPRM)/CETEM, 2007.
- ASCHER, W. Understanding why government in developing countries waste natural resources. *In: Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 42 (2). Abingdon: Taylor & Francis, 2000.

ASSOCIATED PRESS. China imposes nationwide tax on energy, resources. 10/10/2011. Disponível em <http://news.yahoo.com/china-imposes-nationwide-tax-energy-resources-024115276.html>

AUTY, R.M. *Resource-based industrialisation: sowing the oil in eight developing countries*. Oxford: Clarendon Press, 1990.

_____. *Sustaining development in mineral economies: the resource curse thesis*. New York: Oxford University Press, 1993.

_____. *Resource abundance and economic development*. Helsinki: World Institute for Development Economics Research/Oxford University Press, 2001.

BAIN & COMPANY & TOZZINI FREIRE ADVOGADOS. Regimes jurídico-regulatórios e contratuais de E&P de petróleo e gás natural. In: *Relatório I*, 2009. São Paulo: Bain & Company/Tozzini Freire, 2009.

BALDWIN, R.S. Secular movements in the terms of trade. In: *American Economic Review (Papers and Proceedings)*, 45. Nashville: AEA, may, 1955.

BAMBRICK, S. Australian mineral commodity. In: *Resources Policy*. Amsterdam: Elsevier, June 1980.

BBC BRASIL. Espanha promete resposta dura após nacionalização de YPF pela Argentina. 17/04/2012. Disponível em www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2012/04/120417_repsol_ypf_is.shtml

BIELCHOWSKY, R. *Pensamento econômico brasileiro: o ciclo ideológico do desenvolvimentismo*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.

_____. *Cinquenta anos de pensamento na CEPAL*. Rio de Janeiro: Record, 2000.

BINDLER *et al.* Early medieval origins of iron mining and settlement in central Sweden: multiproxy analysis of sediment and peat records from the Norberg mining district. In: *Journal of Archaeological Science*, 38. Amsterdam: Elsevier, 2011.

BLANK, V.L.G, DIDERICHSEN, F. & ANDERSON, R. Technological development and occupational accidents as a conditional relationship: a study of over eighty years in the Swedish mining industry. In: *Journal of Safety Research*, 27 (3). Amsterdam: Elsevier, 1996.

- BLEANEY, M. & GREENAWAY, D. Long-run trends in the relative price of primary commodities and in the terms of trade of developing countries. *In: Oxford Economic Papers*, 45. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- BLOMSTRÖM, M. & KOKKO, A. *Industrial competitiveness in Sweden and Finland: from raw materials to high-tech industry*. Stockholm: Stockholm School of Economics, 2003.
- _____. From natural resources to high-tech production: the evolution of industrial competitiveness in Sweden and Finland. *In: LEDERMAN, D. & MALONEY, W. Natural resources: neither curse nor destiny*. Washington (D.C.): The World Bank/Stanford University Press, 2007.
- BOSSON, R. & VARON, B. *The mining industry and the developing countries*. New York: The World Bank/Oxford University Press, 1977.
- BOTHWELL, R. *et al. Canada: 1900-1945*. Toronto: University of Toronto Press, 1990.
- CARTER, R. Ontario suppliers explore new horizons. *In: Engineering and Mining Journal*, 212 (1). Denver: Mining Media International, january-february 2011.
- CARVALHEIRO, N. Observações sobre a elaboração da matriz de insumo-produto. *In: Pesquisa & Debate*, 9 (2). São Paulo: PUC-SP, 1998.
- CARVALHO, J.M. *A Escola de Minas de Ouro Preto: o peso da glória*. Belo Horizonte: Editora da UFMG/Humanitas, 2002.
- CASIMIRO FILHO, F., GUILHOTO, J.J.M. & LIMA, P.V.P.S. Análise dos impactos dos investimentos no segmento de turismo sobre a economia brasileira. *In: Anais do III Encontro Brasileiro de Estudos Regionais*. Belo Horizonte: ABER, 2004.
- CASTEEL, K. New Nordic metal mining. *In: Engineering and Mining Journal*, 207 (8). Denver: Mining Media International, october 2006.
- _____. Cutting edge underground mining technology. *In: Engineering and Mining Journal*, 4. Denver: Mining Media International, 2010a.
- _____. Surface mining systems. *In: Engineering and Mining Journal*, 20. Denver: Mining Media International, 2010b.
- CASTEEL, K. & FISCOR, S. Australia exports mining and processing technology. *In: Engineering and Mining Journal*. Denver: Mining Media International, 2009.

- CASTILLO, J. *et al.* Chile: size does matter. *In: Large mines and the community: socioeconomic and environmental effects in Latin America, Canada, and Spain.* Washington (D.C.): The World Bank/IDRC, 2001.
- CAVALCANTI, J.E.A. Distribuição setorial da renda: seus efeitos de indução na economia brasileira. *In: Pesquisa e Planejamento Econômico*, 27 (1). Rio de Janeiro: IPEA, 1997.
- _____. Income distributive effects in the Brazilian economy. *In: Economic Systems Research*, 13 (3). Viena: IIOA, 2001.
- CHANDLER, A.D. Organizational capabilities and the economic history of the industrial enterprise. *In: The Journal of Economic Perspectives*, 6 (3). Nashville: AEA, 1992.
- CHANG, R., HEVIA, C. & LOAYZA, N. *Privatization and nationalization cycles* (working paper 16126). Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2010.
- CHAVES, A.P. *Estado da arte em tecnologia mineral no Brasil*. Brasília: CGEE, 2002.
- CHONG, A. & LOPEZ DE SILANES, F. (eds). *Privatization in Latin America: myths and reality*. Stanford: The World Bank/Stanford University Press, february, 2005.
- CHUA, A.L. The privatization-nationalization cycle: the link between markets and ethnicity in developing countries. *In: Columbia Law Review*, 95 (2). New York: Columbia Law School, 1995.
- COLISTETE, R.P. O desenvolvimentismo cepalino: problemas teóricos e influências no Brasil. *In: Estudos Avançados*, 15 (41). São Paulo: CEBRAP, 2001.
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. *Estudio económico de América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL/UN (E/CN), 1950.
- _____. *Cambio estructural para la igualdad: una visión integrada del desarrollo* (trigésimo cuarto período de sesiones de la CEPAL). Santiago de Chile: CEPAL, 2012.
- COUTO, J.M. O pensamento desenvolvimentista de Raúl Prebisch. *In: Economia e Sociedade*, 16 (1). Campinas: Unicamp, 2007.

- CROWSON, P. Mining industry profitability. *In: Resources Policy*, 27 (1). Amsterdam: Elsevier, march 2001.
- CUDDINGTON, J.T., LUDEMA, R. & JAYASURIYA, S.A. Prebisch-Singer redux. *In: LEDERMAN, D. & MALONEY, W.F. (eds.). Natural resources: neither curse nor destiny.* Washington (D.C.): The World Bank/Stanford University Press, 2007.
- CUDDINGTON, J. T. & URZÚA, C. Trends and cycles in the net barter terms of trade: a new approach. *In: The Economic Journal*, 99 (396). Chichester: Wiley, 1989.
- DALE, B. An institutionalism approach to local restructuring: the case of four Norwegian mining towns. *In: European Urban and Regional Studies*, 9 (1). London: SAGE Publications, june 2002.
- DAVID, A.P. & WRIGHT, G. Increasing returns and the genesis of American resource abundance. *In: Industrial and Corporate Change*, 6 (2). Oxford: Oxford University Press, march 1997.
- DAVIS, G. The minerals sector: sectoral analysis, and economic development. *In: Resources Policy*, 24. Amsterdam: Elsevier, 1998.
- DAVIS, G. & TILTON, J.E. The resource curse. *In: Natural Resources Forum*, 29 (3). Chichester: Wiley, 2005.
- DAVIS, K. PPPs and infrastructure investment. *In: Australian Economic Review*, 38 (4). Chichester: Wiley, december 2005.
- DE GREGORI, T. Resources are not; they become: an institutional theory. *In: Journal of Economic Issues*, 21 (3). Armonk: M.E. Sharpe, 1987.
- DINIZ, C.C. *Capitalismo, recursos naturais e espaço* (tese de doutoramento). Campinas: UNICAMP (Instituto de Economia), 1987.
- _____. Desenvolvimento poligonal no Brasil: nem desconcentração nem contínua polarização. *In: Nova Economia*, 3 (1). Belo Horizonte: UFMG (Departamento de Ciências Econômicas), 1993.

DOMINGO, E.G. The Philippine mining industry: status and trends in mineral resources development. In: *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 8 (1-4). Amsterdam: Elsevier, 1993.

DOW JONES NEWSWIRES. Chile: Argentina gas-price hike hurts “relations of trust”. 28/07/2006. Disponível em www.offnews.info/verArticulo.php?contenidoID=5297

DUNCAN, R. Price or politics? An investigation of the causes of expropriation. In: *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 50. Chichester: Wiley, 2006.

ECONÓMICO. Hollande ameaça Mittal com nacionalização. 28/11/2012. Disponível em http://economico.sapo.pt/noticias/hollande-ameaca-mittal-com-nacionalizacao_157310.html

THE ECONOMIST. Australia's economy (*The Economist* in three minutes). 25/05/2011. Disponível em www.economist.com/node/21518360

EGGERT, R.G. Mining and economic sustainability: national economies and local communities (MMSD working paper, 19). London, IIED, 2002.

EHRlich, P.R. *The Population Bomb*. New York: Ballantine Books, 1968.

EJDEMO, T. & SÖDERHOLM, P. Mining investment and regional development: a scenario-based assessment for Northern Sweden. In: *Resources Policy*, 6 (1). Amsterdam: Elsevier, 2011.

ELLSWORTH, P.T. The terms of trade between primary producing and industrial countries. In: *Inter-American Economic Affairs*, 10. Washington (D.C.): Inter-American Affairs Press, 1956.

ENDERS, S. *Society of Economic Geologists Newsletter*. Littleton: SEG, July 2011.

ENGINEERING AND MINING JOURNAL. Mining technology suppliers focus on high tech solutions. October 2008.

_____. Nordic mining equipment: innovation plus dedication. October 2007.

_____. Finnish mining equipment: companies more and more global. September 2001.

- ENRIQUEZ, M.A. *Mineração: maldição ou dádiva?* São Paulo: Signus Editora, 2007.
- _____. *Mineração e desenvolvimento sustentável: é possível conciliar?* In: *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 12. Morelia: REDIBEC, 2009.
- ERICSSON, M. The role of product differentiation in the iron ore industry: the case of LKAB (by Stefan Hellmer). In: *Resources Policy*, 22 (1-2). Amsterdam: Elsevier, 1996.
- ERTEN, B. & OCAMPO, J.A. *Super-cycles of commodity prices since the mid-nineteenth century*. New York: DESA, 2012.
- O ESTADO DE S. PAULO. Bolívia nacionaliza petrolíferas e Exército do país ocupa Petrobras. 02/05/2006. Disponível em www.fazenda.gov.br/resenhaeletronica/MostraMateria.asp?cod=285881
- _____. Argentina nacionaliza YPF e retoma controle legal de petrolífera espanhola. 03/05/2012. Disponível em www.estadao.com.br/noticias/internacional,argentina-nacionaliza-ypf-e-retoma-controle-legal-de-petrolifera-espanhola,868384,0.htm
- FAJNZYLBBER, F. *La industrialización trunca de América Latina*. Mexico (D.F.): CET, 1983.
- _____. El medio ambiente en la actual estrategia de crecimiento económico. In: *Ambiente y Desarrollo*. Santiago de Chile: CIPMA, 1990.
- FERRANTI, D. *et al. From natural resources to the knowledge economy: trade and job quality*. Washington (D.C.): The World Bank, 2002.
- FICHET, G. Competitividad de la industria latinoamericana. In: *Revista de la CEPAL*, 43. Santiago de Chile: CEPAL, 1991.
- FIGUEIRÔA, S.F.M. *As ciências geológicas no Brasil: uma história social e institucional, 1875-1934*. São Paulo: Hucitec, 1997.
- _____. Ciência e tecnologia no Brasil Imperial: Guilherme Schüch, Barão de Capanema (1824-1908). In: *Varia Historia*, 21 (34). Belo Horizonte: UFMH, julho 2005.
- FISCOR, S. Australian Mining Technology. In: *Engineering and Mining Journal*. Denver: Mining Media International, 2007.

- FISCOR, S. & CASTEEL, K., Australia exports mining and processing technology. In: *Engineering and Mining Journal*, 209 (62). Denver: Mining Media International, 2008.
- FOLIE, M. An economic appraisal of the Australian oil and gas industry. In: *Resources Policy*. Amsterdam: Elsevier, June 1980.
- THE FRASER INSTITUTE. *Annual survey of mining companies 2004/2005*. Vancouver: The Fraser Institute (Centre for Trade & Globalization Studies), 2006.
- FREITAS, F. (coord.). Matriz de capital. In: *Perspectivas do investimento no Brasil*. Rio de Janeiro: UFRJ (Instituto de Economia)/UNICAMP (Instituto de Economia), com financiamento do BNDES, 2008/2009. Disponível em www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/pesquisa/pib/pib_matriz_de_capital.pdf
- FREITAS, F.N.P. & DWECK, E. Matriz de absorção de investimento e análises de impactos econômicos. In: KUPFER, D., LAPLANE, M. F. & HIRATUKA, C. (orgs.). *Perspectivas do investimento no Brasil: temas transversais*, 4. Campinas: Synergia, 2010.
- FREITAS, F.N.P., KUPFER, D. & DWECK, E. A dynamic input-output simulation analysis of the impact of ICT diffusion in the Brazilian economy. In: CIMOLI, M., HOFMAN, A.A. & MULDER, N. (orgs.). *Innovation and economic development: the impact of information and communication technologies in Latin America*. Northampton: Edward Elgar, 2010.
- FRITZSCHE, M. & STOCKMAYER, A. Mining agreements in developing countries: issues of finance and taxation. In: *Natural Resources Forum*, 2 (3). Chichester: Wiley, 1978.
- FURTADO, C. *Formação econômica do Brasil* (edição comemorativa dos 50 anos). São Paulo: Companhia das Letras, 2009.
- FURTADO, J. Muito além da especialização regressiva e da doença holandesa: oportunidades para o desenvolvimento brasileiro. In: *Novos Estudos CEBRAP*, 81. São Paulo: CEBRAP, 2008.
- GAULD, C.A. *Farquhar, último titã* (1964). São Paulo: Editora da Cultura, 2006.

GERMANY, D.J. *A mineração no Brasil*. Brasília: CGEE, 2002.

GOVETT, M.H. & GOVETT, G.J.S. The Australian minerals industry. *In: Resources Policy*. Amsterdam: Elsevier, June 1980.

c The role of the Australian minerals industry in world mineral supplies. *In: Resources Policy*. Amsterdam: Elsevier, June 1980b.

GRIJÓ, E. & BÊRNI, D.A. Metodologia completa para a estimativa de matrizes de insumo-produto. *In: Teoria e Evidência Econômica*, 14 (16). Passo Fundo: CEPEAC, maio 2006.

GRILLI, E.R. & YANG, M.C. Primary commodity prices, manufactured goods prices, and the terms of trade of developing countries: what the long run shows. *In: The World Bank Economic Review*, 2 (1). Washington (D.C.): The World Bank, 1988.

GRIMSEY, D. & LEWIS, M.K. Evaluating the risks of public-private partnerships for infrastructure projects. *In: International Journal of Project Management*, 20 (2). Amsterdam: Elsevier, 2002.

GUILHOTO, J.J.M. *Análise de insumo-produto: teoria e fundamentos*. São Paulo: FEA- USP, 2004.

GUIMARÃES, A., OLIVEIRA, D. & TOMASQUIM, M. Flexibilização da indústria petrolífera: o caso argentino e o caso venezuelano. *In: Revista Brasileira de Energia*, 6 (2). Itajubá: SBPE, 1997.

GURIEV, S., KOLOTILIN, A. & SONIN, K. Determinants of nationalization in the oil sector: a theory and evidence from panel data. *In: The Journal of Law, Economics, & Organization*. Oxford: Oxford University Press/Yale University, 2009.

GURRIERI, A. La economía política de Raúl Prebisch. *In: GURRIERI, A. (ed.). La obra de Prebisch en la CEPAL*, 1. Mexico (D.F.): Fondo de Cultura Económica, 1982.

HABERLER, G. *International trade and economic development*. Cairo: National Bank of Egypt, 1959.

HADDOCK, K. *Giant earthmovers*. Minneapolis: MotorBooks International, 1998.

- HAMPSON, D.C. Australia's uranium. *In: Resources Policy*. Amsterdam: Elsevier, June 1980.
- HANCOCK, G. Mining in Papua New Guinea. Pacific minerals in the new millennium: science, exploration, mining, and community. *In: Technical Bulletin*. Suva: SOPAC Secretariat, 2009.
- HARRIS, S. Resources policies in Australia. *In: Resources Policy*. Amsterdam: Elsevier, June 1980.
- HARTMANN, H.L. *Introductory mining engineering*. Chichester: Wiley, 2007.
- HAYCRAFT, W.R. *Yellow steel: the story of the earthmoving equipment industry*. Champaign: University of Illinois Press, 2002.
- HEAP, A. *China: the engine of a commodities super cycle*. Sydney: Citigroup Global Markets, 2006.
- HESSEN, B. As raízes socioeconômicas dos "principia" de Newton (1931). *In: GAMA, R. (org). Ciência e técnica: antologia de textos históricos*. São Paulo: T.A. Queiroz, 1992.
- HOGAN, L. *et al.* Regional Australia: incomes, industry location and infrastructure. *In: Australian Commodities*, 6 (4). Canberra: ABARES, December 1999.
- HYDE, G.L. A critique of the Prebisch Thesis. *In: Economia Internazionale*, 16. Genoa: IIE, 1963.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Matriz de insumo-produto Brasil, 2000/2005* (Contas Nacionais, 23). Rio de Janeiro: IBGE, 2008. _____ . *Pesquisa de inovação*. Rio de Janeiro: IBGE, 2000, 2003 e 2008.
- INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING AND METALS. *Mineral taxation regimes: a review of issues and challenges in their design and application*. London: ICMM/Commonwealth Secretariat, 2009.
- INTERNATIONAL DEVELOPMENT RESEARCH CENTRE. *Desarrollo e innovación tecnológica minera en América Latina: estudio de casos*. Ottawa: IDRC, April 2006.

- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Oil & gas security: People's Republic of China*. Paris: IEA, 2012.
- IRWIN, D.A. *How did the United States become a net exporter of manufactured goods?* Cambridge: NBER, 2000.
- JACKS, D.S. *From boom to bust: a typology of real commodity prices in the long run*. Cambridge: NBER, 2013.
- JAQUES, A.L. *et al.* Towner exploration and discovery of Australia's copper, nickel, lead and zinc resources: 1976-2005. *In: Resources Policy*. Amsterdam: Elsevier, 2005.
- JOCHUMS, P. German mining technology responds to global demand. *In: Engineering and Mining Journal*, 1. Denver: Mining Media International, 2008.
- JOHANSSON, M. *et al.* Metal mining and mine closure in Sweden, Finland, and Norway. *In: Coping with closure: an international comparison of mine town experiences*. London: Routledge, 1992.
- JOHNSON, C.J. Ranking countries for minerals exploration. *In: Natural Resources Forum*, 14 (3). Chichester: Wiley, 1990.
- JOHNSON, H.G. *Economic policies toward less developed countries*. Washington (D.C.): Brookings Institution, 1967.
- JOMO K.S. & SYN, T.W. *Privatization and renationalization in Malaysia: a survey*. S.d., s.l. Disponível em <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/un/unpan021546.pdf>
- JOURDAN, P. *Links with domestic industry, downstream processing and the provision of inputs: resource based industrialisation in South Africa*. Geneva: UNCTAD, 2001.
- KAPLAN, D. *South African mining equipment and related services: growth constraints and policy* (MMCP discussion paper, 5). Milton Keynes: The Open University, 2011.
- KEYNES, J.M. *A teoria geral do emprego, do juro e da moeda* (1935). São Paulo: Atlas, 1982.

- KINDLEBERGER, C.P. *The terms of trade: a European case study*. New York and London: Technology Press of MIT/John Wiley/Chapman & Hall, 1956.
- KNEESE, A.V. Natural resources policy 1975-1985. In: *Journal of Environmental Economics and Management*, 3. Amsterdam: Elsevier, 1976.
- KNOBBLOCK, E. & PETTERSSON, O. Restructuring and risk-reduction in mining: employment implications for northern Sweden. In: *Fennia*, 188 (1). Helsinki: Geographical Society of Finland, 2010.
- KOBRIN, S.J. Expropriation as an attempt to control foreign firms in LDCs: trends from 1960 to 1979. *Apud* DUNCAN, R. Price or politics? An investigation of the causes of expropriation. In: *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 50. Chichester: Wiley, 2006.
- KUYEK, J.N. *et al.* *No rock unturned: revitalizing the economies of mining dependent communities*. Ottawa: MiningWatch Canada, 2003.
- LAGOS, G. Developing national mining policies in Chile: 1974-96. In: *Resources Policy*, 23 (1-2). Amsterdam: Elsevier, 1997.
- LAGOS, G. & BLANCO, E. Mining and development in the region of Antofagasta. In: *Resources Policy*, 35 (1). Amsterdam: Elsevier, 2010.
- LANE, C. & BACHMANN, R. The social constitution of trust: supplier relations in Britain and Germany. In: *Organization Studies*. London: SAGE Publications, 1996.
- LA PORTA, R. & LOPEZ DE SILANES, F. The benefits of privatization: evidence from Mexico. In: *Quarterly Journal of Economics*, 114 (4). Oxford: Oxford University Press/Harvard University, 1999.
- LEHNER, T. Plenary lecture on the wise production and use of metals. In: *Minerals Engineering*, 20. Amsterdam: Elsevier, 2007.
- LEONTIEF, W. *A economia do insumo-produto*. São Paulo: Abril Cultural, 1983.
- LEVY, P.M. & SERRA, M.I.F. Coeficientes de importação e exportação na indústria. In: *Boletim de Conjuntura*, 58. Rio de Janeiro: IPEA, julho-agosto 2002.

- LIPSEY, R.E. *Price and quantity trends in the foreign trade of the United States*. Princeton: National Bureau of Economic Research/Princeton University Press, 1963.
- LOAYZA, F. *et al.* Bolivia: turning gold into human capital. In: *Large mines and the community: socioeconomic and environmental effects in Latin America, Canada, and Spain*. Washington (D.C.): The World Bank/IDRC, 2001.
- MACHADO, I.F. & FIGUEIRÔA, S. 500 years of mining in Brazil: a brief review. In: *Resources Policy*. Amsterdam: Elsevier, 2007.
- MANZANO, O. & MONALDI, F. The political economy of oil production in Latin America. *Apud* SINNOTT, E., NASH, J. & DE LA TORRE, A. *Natural resources in Latin America and the Caribbean*. Washington (D.C.): The World Bank, 2010.
- MARTIN, W. & MITRA, D. *Productivity growth and convergence in agriculture and manufacturing*. Washington (D.C.): The World Bank, 2004.
- MARTINEZ-FERNANDEZ, M.C. (2001) *Knowledge-intensive service activities (KISA) in innovation of the mining technology services sector in Australia*. Richmond: University of Western Sydney (AEGIS), 2005.
- _____. Knowledge-intensive service activities in the success of the Australian mining industry. In: *The Service Industries Journal*, 30. New York: Taylor & Francis, 2010.
- MARTINS, G. *et al.* Inserção do setor florestal na estrutura econômica do Paraná: análise insumo-produto. In: *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, 104. Curitiba: IPARDES: janeiro-junho 2003.
- MCCALL, G.D. The mining industry and the natural environment. In: *Resources Policy*. Amsterdam: Elsevier, 1980.
- MCCANN, P. & SHEFER, D. Location, agglomeration and infrastructure. In: *Papers in Regional Science*, 83 (1). Chichester: Wiley, 2004.
- MCKAY, B. *et al.* The Australian mining industry: from settlement to 2000. In: *Australian Mining Industry*, 99. S.l.: 1998.

- MCKINSEY & COMPANY. *Resource revolution: meeting the world's energy, materials, food and water needs*. New York: McKinsey & Company, 2011.
- MCPHERSON, C. *National oil companies: evolution, issues, outlook*. Washington (D.C.): The World Bank, 2003.
- MEADOWS, D.H. *et al. Limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York: Universe Books, 1974.
- MEIER, G.M. *International trade and development*. New York and Evanston: Harper & Row, 1963.
- MEIER, G. & BALDWIN, R.E. *Economic development: theory, history, policy*. New York: John Wiley, 1957.
- MILLER, R.E. & BLAIR, P.D. *Input-output analysis: foundations and extensions*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.
- MINEWEB. Peru's President Humala signs mining taxation, royalties bills into law. 29/09/2011. Disponível em www.mineweb.com/mineweb/content/en/mineweb-political-economy?oid=136463&sn=Detail
- MINING AUSTRALIA. A look at global mining tax regimes. 05/12/2012. Disponível em www.miningaustralia.com.au/slider/taxing-times---a-look-at-global-mining-tax-regimes
- MINOR, M.S. The demise of expropriation as an instrument of LDC policy, 1980-1992. *Apud* DUNCAN, R. Price or politics? An investigation of the causes of expropriation. *In: The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 50. Chichester: Wiley, 2006.
- MITCHELL, P. Taxation and investments in mining. *In: EADS, C., MITCHELL, P. & PARIS, F. (eds.) Advancing the EITI in the mining sector: a conversation with stakeholders*. Oslo: EITI, 2009.
- MORGAN, T. The long-run terms of trade between agriculture and manufacturing. *In: Economic Development and Cultural Change*, 8. Chicago: The University of Chicago Press, 1959.

- NEWBOLD, J. Social consequences of mining and present day solutions: region II in Chile highlighted. *In: Sustainable Development*, 11 (2). Chichester: Wiley, may 2003.
- NILSSON, L.J. *et al.* Seeing the wood for the trees: 25 years of renewable energy policy in Sweden. *In: Energy for Sustainable Development*, 8 (1). Princeton: IEI, 2004.
- OCAMPO, J.A. & PARRA, M. The terms of trade for commodities since the mid-19th century. *In: Journal of Iberian and Latin America Economic History*, 28 (1). Madrid: RHE-JILAEH, 2010.
- OTTO, J. *Criteria and methodology for assessing mineral investment conditions*. Dundee: University of Dundee (Centre for Petroleum and Mineral Law and Policy), 1992.
- _____. Global changes in mining laws, agreements and tax systems. *In: Resources Policy*, 24 (2). Amsterdam: Elsevier, 1998.
- OTTO, J. *et al.* Mining royalties: a global study of their impact on investors, government, and civil society. *In: Directions in development: energy and mining*. Washington (D.C.): The World Bank, 2006.
- PAKARINEN, S. *et al.* Sustainability and industrial symbiosis: the evolution of a Finnish forest industry complex. *In: Resources, Conservation and Recycling*, 54. Amsterdam: Elsevier, 2010.
- PALMER, K.F. Mineral taxation policies in developing countries: an application of resource rent tax. *In: International Monetary Fund Staff Papers*, 27 (3). Washington (D.C.): IMF, 1980.
- PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *In: Research Policy*, 13. Amsterdam: Elsevier, 1984.
- PENROSE, E. *The theory of the growth of the firm* (1959). Oxford: Oxford University Press, 1995.
- PERECIN, M.T.G. *Os passos do saber: a Escola Agrícola Prática Luiz de Queiroz*. São Paulo: Edusp, 2004.
- PETKOVA-TIMMER, V. *et al.* Mining developments and social impacts on communities: Bowen Basin case studies. *In: Rural Society*, 19 (3). Maleny: eContent Management, october 2009.

- PHILLIPS, G.P. The environment of the mining industry: an industry view. *In: Resources Policy*. Amsterdam: Elsevier, june 1980.
- PINTO, A. Natureza e implicações da 'heterogeneidade estrutural' da América Latina. *In: El Trimestre Económico*, 37 (1). Mexico (D.F.): Fondo de Cultura Económica, 1969.
- PIRANI, S., STERN, J. & YAFIMAVA, K. *The Russo-Ukrainian gas dispute of january 2009: a comprehensive assessment*. Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2009.
- POSSAS, M.L. Um modelo dinâmico multissetorial. *In: Pesquisa e Planejamento Econômico*, 14 (2). Rio de Janeiro: IPEA, 1984.
- PRAIN, R.C. *The anatomy of an industry*. London: Mining Journal Books, 1975.
- PREBISCH, R. El patrón oro y la vulnerabilidad económica de nuestros países. *In: Revista de Ciencias Económicas*, 2. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires (Facultad de Ciencias Económicas), 1944.
- _____. O desenvolvimento econômico da América Latina e seus principais problemas. *In: Revista Brasileira de Economia*, 3. Rio de Janeiro: FGV, 1949.
- _____. *Problemas teóricos y prácticos del crecimiento económico*. Santiago de Chile: CEPAL, 1951.
- RABANAL, N.G. Coal restructuring in Spain: continuity und uncertainty? *In: Energy Policy*, 37. Amsterdam: Elsevier, 2009.
- RAMM, A. *Germany, 1789-1919: a political history*. New York: Taylor & Francis: 1967.
- REUTERS. Peru approves new mining royalty scheme. 14/09/2011. Disponível em www.reuters.com/article/2011/09/14/peru-mining-royalties-idUSS1E78C2AF20110914
- _____. South Africa's Zuma squashes mine nationalization talk. 10/02/2012. Disponível em www.reuters.com/article/2012/02/10/us-safrica-mines-idUSTRE81909620120210
- _____. Australia imposes mining tax after two-year battle. 19/03/2012. Disponível em www.reuters.com/article/2012/03/19/australia-mining-idUSL3E8EJCOJ20120319
- _____. Indonesia imposes new taxes on metal exports. 04/05/2012. Disponível em www.nytimes.com/2012/05/05/business/global/indonesia-imposes-new-taxes-on-metal-exports.html?_r=0

- _____. Australia state hikes coal royalties even as mines close. 11/09/2012.
Disponível em www.reuters.com/article/2012/09/11/australia-queensland-budget-idUSL3E8KB21F20120911
- _____. Indonesia digs hole for itself with new mining laws. 30/09/2012.
Disponível em www.reuters.com/article/2012/09/30/indonesia-mining-explorers-idUSL4E8KO3WT20120930
- REVISTA EXAME MELHORES E MAIORES. São Paulo: Editora Abril, 2007, 2008, 2009 e 2010.
- REZENDE, N.P. *Carajás, memórias da descoberta*. Rio de Janeiro: Editora Gráfica Stamp, 2009.
- RIBEIRO, F.J. & POURCHET, H. Reflexões sobre exportações e desempenho da indústria com base nos coeficientes de comércio exterior. In: *Revista Brasileira de Comércio Exterior*, 107. Rio de Janeiro: Funcex, 2011.
- RITTER, A. *Canada's mineral cluster: structure, evolution and functioning*. Apresentado no Seminário Internacional sobre Clusters Minereros en la America Latina. Santiago de Chile: CEPAL, 2000.
- _____. Canada: from fly-in, fly-out to mining metropolis. In: *Large mines and the community: socioeconomic and environmental effects in Latin America, Canada, and Spain*. Washington (D.C.): The World Bank/IRDC, 2001.
- RODRIGUEZ, O. *Teoria do subdesenvolvimento da CEPAL*. Rio de Janeiro: Forense-Universitária, 1981.
- ROSENBERG, N. Technological change in machine tool history, 1840-1910. In: *The Journal of Economic History*, 23 (4). Tucson: Economic History Association, 1963.
- SACHS, J.D. & WARNER, A.M. *Natural resource abundance and economic growth*. Cambridge: National Bureau of Economic of Economic Research, 1995.
- _____. The curse of natural resources. In: *European Economic Review*, 45 (4-6). Amsterdam: Elsevier, 2001.
- SCHMITZ, J.A., Jr. & TEIXEIRA, A. Privatizations impact on private productivity: the case of Brazilian iron ore. In: *Review of Economic Dynamics*, 11 (4). St. Louis: Society of Economic Dynamics, 2008.

- SCHON, L. Electricity, technological change and productivity in Swedish industry, 1890-1990. *In: European Review of Economic History*, 4. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- SCHUSCHNY, A. *Tópicos sobre el modelo de insumo-producto: teoría y aplicaciones*. Santiago de Chile: CEPAL, 2005.
- SCOTT, A. & PEARSE, P. Natural resources in a high-tech economy. *In: Resources Policy*. Amsterdam: Elsevier, september 1992.
- SHAFIK, N. Selling privatization politically. *Apud* DUNCAN, R. Price or politics? An investigation of the causes of expropriation. *In: The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 50. Chichester: Wiley, 2006.
- SHINYA, W.M. Canada's new minerals and metals policy: advancing the concept of sustainable development in the minerals and metals industry. *In: Resources Policy*, 24 (2). Amsterdam: Elsevier, 1998.
- SILVA, C.P. da & LOPES, M.M. O ouro sob as luzes: a "arte" de minerar no discurso do naturalista João da Silva Feijó (1760-1824). *In: História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, 11 (3). Manguinhos: Casa de Oswaldo Cruz, setembro-dezembro 2004.
- SINGER, H. The distribution of gains between investing and borrowing countries. *In: American Economic Review*, 40. Nashville: AEA, 1950.
- SINNOTT, E., NASH, J. & DE LA TORRE, A. *Natural resources in Latin America and the Caribbean*. Washington (D.C.): The World Bank, 2010.
- SMITH, J.R. The economic geography of Chile. *In: Bulletin of the American Geographical Society*, 36 (1). New York: AGS, January 1904.
- SOHN, I. Australia's resource sectors: challenges and opportunities in the 1990s. *In: Resources Policy*, 18 (2). Amsterdam: Elsevier, 1992.
- SONIS, M., GUILHOTO, J., HEWINGS, G. & MARTINS, E. Linkages, key sectors, and structural change: some new perspectives. *In: The Developing Economies*, XXXIII (3). Chichester: Wiley, 1995.
- SOUZA, F.F.P. & RAMOS, F.S. *Modelo insumo-produto estocástico: multiplicadores de produção para o Brasil 2005*. Apresentado no XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Bento Gonçalves: UFSM, 2010.

- STEPHANSSON, O. Rock Mechanics in Sweden. In: *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 26 (I). Amsterdam: Elsevier, 1989.
- STILWELL, L.C. *et al.* An input-output analysis of the impact of mining on the South African economy. In: *Resources Policy*, 26. Amsterdam: Elsevier, 2000.
- SUZIGAN, W., GARCIA, R. & FURTADO, J. *Clusters ou sistemas locais de produção e inovação: identificação, caracterização e medidas de apoio*. São Paulo: IEDI, maio de 2002.
- TAVARES, M. da C. Auge y declinación del proceso de sustitución de importaciones en el Brasil. In: *Boletín Económico de América Latina*, 9. Santiago de Chile: CEPAL, 1964.
- TEDESCO, L. & HASELTINE, C. *An economic survey of companies in the Australian mining technology services and equipment sector, 2006-07 to 2008-09*. Canberra: ABARE/BRS, 2010.
- TILTON, J.E. Mineral endowment, public policy and competitiveness: a survey of issues. In: *Resources Policy*, 18 (4). Amsterdam: Elsevier, 1992.
- UNITED NATIONS. *World urbanization prospects: the 2011 revision*. New York and Geneva: UN, 2012.
- UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. *Trade and development report*, 2008. New York and Geneva: UNCTAD, 2008.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Notebook project: profile of the metal mining industry*. Washington (D.C.): EPA (Office of Compliance Sector), 1995.
- VEIGA, M.M. *et al.* Mining with communities. In: *Natural Resources Forum*, 25 (3). Chichester: Wiley, august 2001.
- VINER, J. *International trade and economic development*. Oxford: Clarendon Press, 1953.
- VODDEN, C. Geological survey of Canada celebrates 150th anniversary. In: *Geological Society of America Bulletin*, 2 (3). Boulder: GSA, 1992.

- WALKER, M. & JOURDAN, P. Resource-based sustainable development: an alternative approach to industrialisation in South Africa. In: *Minerals & Energy – Raw Materials Report*, 18. New York: Taylor & Francis, 2003.
- WALKER, M. & MINNITT, R.C.A. Understanding the dynamics and competitiveness of the South African minerals inputs cluster. In: *Resources Policy*, 31. Amsterdam: Elsevier, 2006.
- WESCH, H. *et al.* German uranium miner study: historical background and available histopathological material. In: *Radiation Research*, 152 (6), supplement. Bozeman: RADRES, 1999.
- WILLIAMS, M.L. The extent and significance of the nationalization of foreign owned assets in developing countries. *Apud* DUNCAN, R. Price or politics? An investigation of the causes of expropriation. In: *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 50. Chichester: Wiley, 2006.
- THE WORLD BANK. *Global economic prospects: commodities at the crossroads*. Washington (D.C.): The World Bank, 2009.
- _____. *Overview of state ownership in the global minerals industry*. Washington (D.C.): The World Bank, 2011.
- WRIGHT, C. *An economic history of the United States*. Nashville: AEA, 1905.
- WRIGHT, G. & CZELUSTA, J. Resource-based growth past and present. In: LEDERMAN, D. & MALONEY, W.F. (eds.). *Natural resources: neither curse nor destiny*. Washington (D.C.): The World Bank/Stanford University Press, 2007.
- WRIGHT, G. & DAVID, P.A. Increasing returns and genesis of American resource abundance. In: *Industrial and Corporate Change*, 6 (2). Oxford: Oxford University Press, 1997.
- WRIGHT, G. The origins of American industrial success: 1879-1940. In: *American Economic Review*, 80 (4). Nashville: AEA, 1990.
- _____. *Resource-based growth then and now*. Stanford: Stanford University Press, 2001.
- ZIMMERMANN, E.W. *World resources and industries: a functional appraisal of the availability of agricultural and industrial materials*. New York: Harper & Brothers, 1951.



Uma publicação com apoio do



IBRAM

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO

O IBRAM (Instituto Brasileiro de Mineração) é a entidade nacional representativa de empresas e instituições que atuam na indústria da mineração. É uma associação privada, sem fins lucrativos, que tem por objetivo congrega, representar, promover e divulgar a indústria mineral brasileira, contribuindo para a sua competitividade nacional e internacional. Além disso, o instituto visa a fomentar o desenvolvimento sustentável e o uso das melhores práticas de segurança e saúde ocupacional na mineração, estimulando os estudos, a pesquisa, o desenvolvimento, a inovação e o uso das mais modernas tecnologias disponíveis.

O intercâmbio de ideias e conhecimentos, bem como a discussão de entraves do setor e de temas de interesse da indústria mineral, são muito estimulados pelo IBRAM, principalmente nos eventos promovidos pelo instituto, que sempre atraem um público vasto: especialistas, executivos e técnicos, governantes e acadêmicos. Tais eventos incluem cursos, exposições, seminários, *workshops*, congressos de alcance nacional e internacional.

Outras grandes tarefas são divulgar e incrementar a capacidade tecnológica e de recursos humanos empregados na mineração. Além de defender a sustentabilidade, o respeito ao meio ambiente e aos recursos hídricos, o IBRAM visa sempre à melhoria da qualidade de vida da sociedade, dando especial atenção às comunidades onde haja atividade minerária, principalmente às populações que estão mais próximas ou relacionadas de forma direta com as minas.

Qualificar tecnologicamente, expandir mercados e a competitividade do setor são apenas alguns dos objetivos do instituto. A mineração, um dos pilares do progresso do país, busca com apoio do IBRAM o desenvolvimento econômico e social, tendo por princípio o respeito ao meio ambiente e a sustentabilidade.

José Fernando Coura, Diretor-Presidente do IBRAM



Este livro foi composto nas fontes Univers e Fairfield LT Std,
sobre papel Pólen Bold 90g/m².



O economista **João Furtado** fez graduação e mestrado na Unicamp, doutorado na Universidade de Paris e cursou especialização na CEPAL. Professor da Escola Politécnica da USP, participou de diversos estudos sobre políticas industriais e tecnológicas e fundou o Grupo de Estudos em Economia Industrial, sediado na Unesp de Araraquara. Atuou como assessor da presidência do BNDES e da FINEP, participou da CPI do Atraso Tecnológico e Industrial no Brasil e foi coordenador-adjunto de Inovação Tecnológica da FAPESP. É sócio-diretor da Elabora, empresa de consultoria multidisciplinar de ciência e tecnologia, que compreende um laboratório de computação e uma incubadora de projetos.

Eduardo Urias se formou em Economia pela Unesp e tem mestrado em Políticas de Ciência e Tecnologia pela Unicamp. Conduziu diversos estudos conceituais sobre sistemas setoriais de inovação, análise de estratégias competitivas e de pesquisa e desenvolvimento. Suas principais áreas de atuação acadêmica são indústrias do setor de saúde, bioeconomia, gestão de inovação, alianças estratégicas e dinâmicas industriais. Atualmente, cursa doutorado no Instituto de Pesquisas Sociais e Econômicas em Inovação e Tecnologia da Universidade das Nações Unidas em Maastricht, na Holanda.



IBRAM
INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO

A mineração é, ao lado da agricultura, uma das atividades fundadoras da civilização. Inovações na mineração produziram impactos profundos na organização dos povos, impulsionando a criação de ferramentas, meios de transporte e até cidades.

A principal contribuição da teoria econômica para a compreensão do papel da mineração é o entendimento de que os recursos minerais não são uma simples dádiva da natureza. Pelo contrário, eles não existem *a priori*, precisam ser criados pela intervenção humana guiada pelo conhecimento, que transforma reservas naturais em recursos economicamente viáveis.

Este livro propõe, por meio do estudo de experiências internacionais e da análise de indicadores socioeconômicos, de ciência e de tecnologia, pensar a mineração nessa perspectiva dinâmica, apontando caminhos de cooperação entre os setores público e privado que impulsionem as atividades mineradoras a contribuir de forma efetiva para o desenvolvimento do Brasil.



João Furtado e Eduardo Urias

RECURSOS NATURAIS E DESENVOLVIMENTO



IBRAM

RECURSOS NATURAIS E DESENVOLVIMENTO

Estudos sobre o potencial dinamizador da mineração na economia brasileira

João Furtado
Eduardo Urias

Somos moldados pela cultura que respiramos. Somos influenciados pelos dogmas vigentes e pelas ideias que, de tão repetidas, tornam-se nossas verdades. Nesse sentido, a leitura de *Recursos naturais e desenvolvimento* refresca saudavelmente o ar viciado que respiramos.

As perspectivas trabalhadas neste livro dão a clara dimensão que os recursos “naturais” são criação do engenho humano. Só se tornam recursos utilizáveis se tivermos tecnologia para empregá-los. Descobrimos que esses recursos não são obrigatoriamente uma maldição inescapável. Podem, ao contrário de constituir uma doença, se revelar uma alavanca para o desenvolvimento da sociedade.

Ao ler o texto de João Furtado e Eduardo Urias, encontro o estofo teórico que justifica e embasa nossa própria criação do Instituto Tecnológico Vale. O livro fala da íntima ligação da máquina a vapor com a indústria da mineração, do desenvolvimento industrial dos países nórdicos, dos Estados Unidos e da Alemanha, no século XIX, e da Austrália e do Canadá, no século XX. A partir dessas experiências, indica como aproveitar os recursos que a natureza oferece e transformá-los em força motriz do desenvolvimento.

Para serem utilizados, os minérios devem passar pela liberação dos elementos químicos de interesse. Para enriquecer o país, a indústria da mineração tem que ser liberada das limitadas visões do passado.

Luiz Mello,
Diretor de Tecnologia
do Instituto Tecnológico Vale